



14

Serviços ecossistêmicos e eucalipto

Lucília Maria Parron Vargas

Junior Ruiz Garcia

Monica Matoso Campanha

Claudia Maria Branco de Freitas Maia

Dalva Luiz de Queiroz

Ricardo Trippia dos Guimarães Peixoto

Elenice Fritzsons

Marcos Silveira Wrege

Introdução

A classificação internacional apresentada pela Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA, 2005), categoriza os serviços ecossistêmicos (ou serviços ambientais) em quatro grupos: i) serviços de provisão são produtos obtidos a partir de ecossistemas (p. ex. biomassa e água doce); ii) serviços de regulação incluem os benefícios obtidos do controle dos ecossistemas sobre os processos naturais (p. ex. sequestro de carbono, repositório de agentes reguladores de pragas e qualidade do solo); iii) serviços de suporte incluem os processos naturais que mantêm os outros serviços ecossistêmicos (p. ex. ciclos biogeoquímicos e da água); iv) serviços culturais e de informação representam os benefícios não-materiais obtidos dos ecossistemas (p. ex. valores espirituais e educacionais, informações genéticas).

A cultura do eucalipto é parte de sistemas econômicos, sociais e ambientais, e tem sido desenvolvida em biomas de clima tropical e subtropical (Santarosa et al., 2014). Como outros sistemas agrícolas, a cultura do eucalipto pode ser uma paisagem multifuncional que não apenas produz biomassa vegetal, mas também, por exemplo, pode ser habitat para a vida selvagem, incluindo inimigos naturais para controle de pragas, sequestrar e armazenar carbono (C) e estimular atividades culturais e sociais (DeClerck et al., 2016; Tavares et al., 2019). Neste sentido, a produção de eucalipto pode tanto prover serviços ecossistêmicos como contribuir para a manutenção deles, mas isso depende das práticas de manejo adotadas. Cabe destacar que o cultivo de eucalipto depende do fluxo de serviços ecossistêmicos como qualquer atividade social ou econômica.

Para avaliar as relações entre o cultivo de eucalipto e os serviços ecossistêmicos, foi conduzida no presente trabalho uma pesquisa estruturada na base de dados Quaesta de projetos relacionados com o cultivo de eucalipto, desenvolvidos pela Embrapa com seus parceiros (Embrapa, 2019). O estudo apresenta quatro objetivos: i) identificar os projetos que abordam a cultura do eucalipto e destes, identificar a menção aos serviços ecossistêmicos; ii) identificar os serviços ecossistêmicos avaliados nesses projetos e calcular a frequência desses serviços; iii) compilar o conhecimento sobre os principais serviços ecossistêmicos identificados nos projetos; iv) apresentar as principais tendências da pesquisa na abordagem em serviços ecossistêmicos associados ao cultivo do eucalipto.

Os projetos da Embrapa

Para o objetivo (1), a identificação dos projetos foi realizada em maio de 2019, na base de dados Quaesta (<https://sistemas.sede.embrapa.br/quaesta/quaesta.php>), usando uma combinação dos termos ‘eucalipto’ ou ‘*Eucalyptus*’ no título, objetivo geral e resumo. A busca na base de dados Quaesta resultou na identificação de 107 projetos (Apêndice 1). O projeto mais antigo data de 1993 e o mais recente é de 2018, revelando que esta temática tem sido tratada na Embrapa há mais de duas décadas. *Corymbia* é um gênero botânico que também recebe a designação de eucalipto. Pesquisas no Quaesta (Embrapa, 2019) identificaram apenas um projeto (Bancos de germoplasma de espécies florestais) que trabalha com esse gênero e também com *Eucalyptus*.

Frequentemente, os projetos identificados tratam de um ou mais serviços ecossistêmicos (ou serviços ambientais) sem usar especificamente esse termo. Um estudo pode, por exemplo, examinar o estoque de carbono no solo (serviço de regulação) ou a produtividade de biomassa (serviço de provisão) nos cultivos de eucaliptos, sem se referir a serviços ecossistêmicos. Por isso, para atender ao objetivo (2), foi utilizada a classificação internacional “Avaliação Ecossistêmica do Milênio” (MEA, 2005), resultando na identificação de onze serviços ecossistêmicos nos 107 projetos identificados (Tabela 1).

Os serviços ecossistêmicos associados aos cultivos de eucalipto mais frequentemente estudados foram produção de fibras, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, recursos genéticos, manejo de pragas e doenças, e sequestro e armazenamento de C.

Embora poucos projetos utilizem o conceito de serviços ecossistêmicos, vários deles avaliam múltiplos indicadores desses serviços. Na Tabela 2 é apresentada uma visão geral de quatro projetos que focaram simultaneamente e de maneira mais específica, em indicadores de serviços ecossistêmicos de provisão, regulação e suporte. A priorização deles foi em função da maior frequência com que aparecem diferentes termos pesquisados e apresentados na Tabela 1.

Estes resultados revelam que gradualmente a Embrapa têm incorporado em suas pesquisas sobre o cultivo do eucalipto a abordagem baseada em serviços ecossistêmicos, conforme difundida pela MEA (2005).

Tabela 1. Termos de pesquisa usados para identificar onze classes de serviços ecossistêmicos, seguindo a classificação internacional Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MEA, 2005), em 107 projetos da Embrapa envolvendo a temática da cultura de eucalipto.

Grupo	Classe	Termos pesquisados ⁽¹⁾	Nº de projetos
Provisão (biótico)	Produção de fibras	Produção, produtividade, madeira, crescimento	59
	Recursos genéticos	Melhoramento genético, germoplasma, genômica, gênica, bioativos	22
Provisão (abiótico)	Provisão de água	Água, umidade do solo, água no solo, evapotranspiração, hídrico	7
	Controle de pragas e doenças	Pragas, doenças, controle biológico, manejo integrado de pragas, MIP	20
	Prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo	Conservação do solo, perda do solo, práticas de cultivo, erosão	23
Regulação e manutenção	Regulação do clima	Clima, aquecimento, regulação, sombra, microclima	15
	Sequestro e armazenamento de carbono e mitigação de emissão de gases de efeito estufa (GEEs)	Armazenamento de C, sequestro de C, gases de efeito estufa, GEE, óxido nitroso, N ₂ O, gás carbônico, CO ₂ , deposição de nitrogênio (N)	18
	Controle de resíduos	Manejo de resíduos, reciclagem	5
	Ciclagem de nutrientes	Decomposição, serapilheira, leguminosas, fixação biológica de N	5
Suporte	Conservação de biodiversidade	Biodiversidade, adequação ambiental	9
Culturais e informação	Serviços culturais	Cultura, tradição, participativo, social, agroecológica	0

⁽¹⁾Para ampliar a pesquisa dos termos, frequentemente foi utilizada a raiz da palavra seguida por asterisco.

Tabela 2. Visão geral de quatro projetos baseados em cultivos de eucalipto, identificados pela pesquisa estruturada na base de dados Quæsta, que avaliam, simultaneamente, vários indicadores de serviços ecossistêmicos.

Projeto (Sigla)	Unidade /Período	Objetivo	Serviços ecossistêmicos
Avaliação de indicadores e valoração de serviços ambientais em diferentes sistemas de uso da terra. (ServiAmbi)	Embrapa Florestas 2013-2016	Avaliar indicadores e valorar serviços ambientais em diferentes sistemas de uso da terra: remanescente florestal (capões de mata), sistemas agroflorestais associados com sistemas pastoris (integração lavoura-pecuária-floresta - ILPF), sistema florestal plantado (monocultura de eucaliptos) e sistema de plantio direto (SPD).	Produção de fibras, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, regulação do clima, conservação de biodiversidade, sequestro de GEEs e armazenamento de C, provisão de água.
Sistemas agroflorestais e florestais com potencial para incrementar a oferta de bens e serviços ambientais em áreas degradadas do estado do Rio de Janeiro. (Eucaleg)	Embrapa Solos 2012-2014	Fortalecer estudos e estratégias de recuperação de áreas degradadas por meio do monitoramento de florestas mistas de espécies arbóreas e da implantação de sistemas agroflorestais que sejam mitigadores dos processos erosivos e ao mesmo tempo do desmatamento de florestas naturais do Estado, aumentando dessa forma a oferta de bens e serviços ambientais nas regiões de implantação.	Produção de fibras, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, ciclagem de nutrientes, conservação de biodiversidade.
Análise da distribuição geoespacial e de aspectos ambientais da eucaliptocultura na bacia do Rio Paraíba do Sul. (Geovale)	Embrapa Monitoramento 2014-2016	Caracterizar a dinâmica espaço-temporal de uso e cobertura da terra da eucaliptocultura e alguns de seus impactos na bacia do Rio Paraíba do Sul (estimar evapotranspiração e temperatura do ar, determinar a emissão de C para a atmosfera, avaliar aspectos fitossociológicos de espécies florestais nativas, obter equações de crescimento e produção de eucaliptos, identificar e quantificar espécies de mamíferos e aves, avaliar a taxa de erosão do solo, avaliar a influência do uso das terras na disponibilidade hídrica).	Produção de fibras, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, regulação do clima, sequestro de GEEs e armazenamento de C, produção de água, conservação de biodiversidade.
Monitoramento e avaliação de estratégias de mitigação de emissões de GEEs em plantios comerciais de eucalipto. (Mitigation)	Embrapa Agrobiologia 2017-2021	Obter fatores de emissão e definir estratégias de mitigação da emissão de gases de efeito estufa, bem como observar medidas de adaptação, para plantios de eucalipto.	Prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, sequestro de GEEs e armazenamento de C, ciclagem de nutrientes, controle de resíduos.

Eucalipto: fornecedor ou “consumidor” de serviços ecossistêmicos?

O cultivo de eucalipto, como qualquer outra atividade econômica, contribui para a produção de bens necessários para a sociedade, mas depende do uso de recursos naturais, gera resíduos em seus processos de produção e perdas na qualidade ambiental (Santarosa et al., 2014). Contudo, a silvicultura, dependendo das práticas de manejo adotadas, pode contribuir para amenizar os impactos ambientais e sociais a partir da provisão de serviços ecossistêmicos ou da redução no requerimento de recursos naturais em seus processos (Shvidenko et al., 2005; Farinaci et al., 2013; Campoe et al., 2014; Silva et al., 2019b). Assim, as mudanças no ambiente associadas à silvicultura de eucalipto afetam uma ampla gama de serviços ecossistêmicos, incluindo produção de fibras, qualidade e disponibilidade de água, qualidade do solo, sequestro e estoque de C, serviços de polinização, dispersão de sementes, controle de pragas e doenças, biodiversidade, mudança e degradação do habitat e proteção contra distúrbios (Vihervaara et al., 2012; Parron et al., 2015, Payn et al., 2015). Com base na categorização MEA (2005) são apresentados os principais serviços ecossistêmicos que podem ser associados ao cultivo de eucalipto. Para atender ao objetivo (3) foram apresentados aspectos conceituais sobre os principais serviços ecossistêmicos identificados a partir da bibliografia disponível e dos projetos da base Quaesta (Apêndice 1).

Serviços de provisão

Serviços de provisão são os produtos que são obtidos de ecossistemas, tais como: alimentos, fibras, combustíveis, recursos genéticos, bioquímicos, remédios naturais, produtos farmacêuticos e água. O aumento desses serviços ocorre por meio de mudanças na área sobre a qual o serviço é prestado ou aumento da produção por unidade de área (MEA, 2005).

Produção de fibras e combustível

Os ecossistemas são fontes de uma diversidade de materiais necessários para o setor de construção civil, moveleiro, papeleiro e de combustíveis. Madeira, biocombustíveis e óleos vegetais são derivados diretamente de espécies arbóreas nativas e cultivadas (Serviço Florestal Brasileiro, 2018). Neste caso, o cultivo de eucalipto é um fornecedor de serviços de provisão. A fim de maximizar a produção desses materiais e ao mesmo tempo preservar as florestas nativas, foram desenvolvidos sistemas de cultivo florestal (Florence, 2004; Nyland et al., 2016). É importante que o cultivo respeite a capacidade de suporte dos ecossistemas e que sejam adotadas práticas que minimizem impactos negativos ambientais, sociais e econômicos.

A avaliação da produção de biomassa, a partir da abordagem de serviços ecossistêmicos, inclui a produtividade (biomassa acima do solo e volume de madeira comercializável), sendo que o diâmetro, o comprimento dos troncos e a idade da plantação florestal são informações básicas para a definição de estratégias para a colheita da madeira em desbastes e corte final. A definição das práticas de manejo adequadas aumenta a eficiência dos cultivos, maximizando sua provisão de biomassa (Nyland et al., 2016; Brancalion et al., 2019).

As diretrizes da silvicultura intensiva incluem o uso de espécies de rápido crescimento, contribuindo para o fechamento rápido da copa, preparação do solo para promover o crescimento das raízes e otimizar a aquisição de recursos, fertilização do solo para evitar limitações de nutrientes no crescimento e controle químico de plantas indesejáveis para eliminar a competição com as mudas (Gonçalves et al., 2013; Silva et al., 2013; Binkley et al., 2017). Estas técnicas contribuem não apenas para o provimento de biomassa (serviço de provisão), mas também de outros serviços ecossistêmicos. A melhoria no desempenho fisiológico do eucalipto, levando à maior sobrevivência inicial e crescimento das árvores, resulta em maior acúmulo de biomassa (Campoe et al., 2014). Em outras palavras, esse processo contribui para o aumento da eficiência no uso da terra, porque aumenta a produção de biomassa. O aumento da produtividade reduz o requerimento de novas áreas de cultivo, portanto, protegendo as florestas nativas e mantendo o fluxo de serviços ecossistêmicos nestas áreas.

Projetos da Embrapa - A abordagem utilizada nos projetos da Embrapa em relação a esse tema se refere à avaliação:

- De desempenho dos clones comerciais de eucalipto em função de arranjos populacionais (densidade e espaçamento) dentro do renque (Cerqueira et al., 2017).
- De componentes ambientais em propriedades e empresas de produção florestal com eucalipto.
- Da dinâmica florestal (Bellote; Silva, 2004; Bellote et al., 2008b; Castro et al., 2011; Maeda et al., 2014; Oliveira et al., 2014; Spinelli-Araujo et al., 2015). Em 16 projetos identificados nesse estudo, essas avaliações incluem plantios mistos em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) (Franchini et al., 2014; Alves et al., 2015a, 2015b; Ferreira et al., 2016; Karvate Junior et al., 2016; Oliveira et al., 2017; Alves et al., 2017, Ribaski, 2018) (Apêndice 1).

Recursos genéticos

Na classificação do MEA, os serviços ecossistêmicos associados aos recursos genéticos incluem os genes e a informação genética (serviço ecossistêmicos de informação) usadas na biotecnologia e no melhoramento de plantas e animais. Neste sentido, o cultivo é beneficiado pela informação genética provida pelos ecossistemas naturais.

O melhoramento tradicional de culturas de eucaliptos baseou-se em pouca variabilidade de recursos de germoplasma para as principais espécies, embora a genética molecular e a biotecnologia forneçam novas ferramentas para quantificar e expandir a diversidade genética (Resende et al., 2012; Binkley et al., 2017). Contudo, os recursos genéticos são perdidos por intermédio da perda de cultivares tradicionais de espécies agrícolas (devido em parte à adoção de práticas e variedades agrícolas modernas) e por meio da extinção de espécies (MEA, 2005; Pádua, 2018). A diversidade genética e a diversidade de espécies, bem como os padrões espaciais das paisagens, as flutuações ambientais e os ciclos temporais com os quais as espécies evoluíram, geram a resiliência dos ecossistemas (MEA, 2005; Oliver et al., 2015).

Desse modo, no cultivo de eucalipto o estabelecimento de povoamentos de espécies mistas (ao contrário de monoculturas) tem o potencial para elevar a resiliência dos sistemas e fornecer mais serviços ecossistêmicos (Thompson et al., 2014) devido à maior heterogeneidade estrutural, tanto espacial como temporal, como o desenvolvimento de copas ou estratificação da raiz (Forrester et al., 2006). Contudo, a heterogeneidade reduz a produtividade de povoamentos de eucalipto em até 20% no período de rotação de sete anos (Soares et al., 2016). Os genótipos mais uniformes tendem a ter maior produtividade do que os mais heterogêneos (Stape et al., 2010; Hakamada et al., 2015; Soares et al., 2016). Por outro lado, a heterogeneidade estrutural influencia tanto positiva quanto negativamente outras funções e serviços do ecossistema que estão ligados à produtividade, como o uso da água, sequestro de C, ciclagem de nutrientes, resistência às secas e outras variações no clima (Thompson et al., 2014).

Projetos da Embrapa - A abordagem utilizada nos projetos envolvendo recursos genéticos de eucalipto na Embrapa são:

- A caracterização desses recursos.
- Metodologias para transformação genética.
- O desenvolvimento e produção de germoplasma para múltiplos usos da madeira.
- Estratégias de melhoramento genético tradicional.
- Seleção genômica para desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas (variações ambientais e estresse hídrico) (Myburg et al., 2014; Resende et al., 2018; Tan et al., 2018; Cappa et al., 2019). Neste sentido, o cultivo de eucalipto não apenas se beneficia da diversidade genética dos ecossistemas naturais, mas contribui para o avanço do conhecimento genético, beneficiando outras áreas da economia (Apêndice 1).

Provisão de água

Os fatores que determinam o impacto de plantios florestais nos recursos hídricos estão relacionados com a: i) hidrologia florestal e propriedades do solo; ii) a paisagem

de referência; e iii) configuração dos sistemas hídricos (Fritzsos; Parron, 2017). A eficiência no uso da água (Water Use Efficiency (WUE)) é um dos principais determinantes da produtividade em plantios florestais e, em geral, os cultivos de eucalipto apresentam valores de WUE potencialmente mais altos, se comparada com pastagens, cultivos de pinus e florestas nativas (Dvorak, 2012; Zalesny Junior et al., 2016). O consumo de água em nível de talhão depende da disponibilidade de água e do déficit de pressão de vapor (Otto et al., 2014). Por isso, o consumo é maior em regiões com maior disponibilidade hídrica, quando comparadas às regiões mais secas (Stape et al., 2010). Além disso, o uso da água por indivíduos ou em talhões de eucaliptos varia significativamente entre os clones e não é uma característica constante de um determinado genótipo. O uso real da água pelos eucaliptos em uma bacia hidrográfica depende de muitos fatores, incluindo a extensão de área, tamanho, distribuição espacial, produtividade e distribuição de faixa etária dos povoamentos plantados (Dvorak, 2012). A variabilidade de WUE entre os clones de eucalipto sugere um potencial de melhoramento de clones baseado nesta característica e na resistência à seca, e ambos são fatores de grande importância em um cenário de alterações climáticas, considerando a competição dos usos da terra pela disponibilidade de água. O relevo e o regime de chuvas também são determinantes nas taxas de transpiração e, conseqüentemente, no balanço hídrico dos plantios (Facco et al., 2012; Caldato; Schumacher, 2013). Neste contexto, reduzir a demanda por água nos cultivos de eucalipto e, dessa forma, contribuir para o superávit no balanço hídrico, promove o serviço ecossistêmico de provisão de água.

Projetos da Embrapa - A abordagem utilizada nos projetos da Embrapa em relação a esse tema tem sido a avaliação das condições físicas do solo (utilizando o Intervalo Hídrico Ótimo (IHO)), que é o volume de água retido no solo que pode limitar o desenvolvimento das plantas pela disponibilidade de água, aeração e resistência do solo à penetração de raízes), e o desenvolvimento de índices de qualidade física do solo e de armazenamento de água (Silva et al., 2015; Nascimento et al., 2019). A melhoria nas condições físicas do solo pode contribuir para a manutenção e até mesmo ampliação da capacidade de infiltração da água da chuva nos cultivos de eucaliptos. Essa abordagem é utilizada nos trabalhos com silvicultura de precisão, na avaliação de indicadores de serviços ecossistêmicos e na avaliação do efeito do desbaste de árvores na disponibilidade de água no solo, em povoamentos florestais ou em sistemas ILPF (Rieger et al., 2016; Bosi et al., 2020) (Apêndice 1).

Outras abordagens nos estudos sobre consumo e disponibilidade de água em plantios de eucalipto são o melhoramento de clones baseado na resistência à seca e o uso de ferramentas de geotecnologia para estimativa dos fluxos da evapotranspiração

e o balanço hídrico. Essas ferramentas podem monitorar a intensificação dos cultivos e os impactos de mudanças de uso da terra (Apêndice 1).

Fornecimento de bioquímicos, medicina natural e farmacêuticos

O fornecimento de bioquímicos para medicina natural é classificado como um serviço ecossistêmico de provisão (MEA, 2005). A medicina natural com utilização de compostos oriundos da biodiversidade tem sido amplamente pesquisada para o controle de pragas e doenças de plantas e animais (Halfeld-Vieira et al., 2016; Pereira et al., 2016b). As pragas e doenças podem causar redução na produtividade, mortalidade de indivíduos e prejuízos econômicos, tanto na produção vegetal quanto animal. Os produtos químicos convencionais utilizados no controle ou erradicação de pragas e doenças, em geral de moléculas sintetizadas pela indústria, podem contaminar produtos destinados ao consumo, como carne, leite, mel, frutas e o meio ambiente, e ainda criar organismos resistentes a este tipo de controle (Morais; Marinho-Prado, 2016; Moraes et al., 2016). Há uma grande preocupação da população consumidora com a presença de resíduos tóxicos em produtos agropecuários, devido ao uso de produtos químicos tais como inseticidas, fungicidas, vermífugos, antibióticos, entre outros (Stoppelli; Magalhães, 2005; Marangoni et al., 2012; Carneiro et al., 2015).

Diante da crescente preocupação da sociedade com saúde, nutrição e meio ambiente, acrescida de recentes regulamentações para atividades agrícolas, tal como a agricultura orgânica, tem aumentado o interesse científico pela utilização de alternativas ao controle químico, tais como o uso de extratos de plantas no controle de parasitas, produtos menos agressivos ao homem e à natureza (Halfeld-Vieira et al., 2016; Pereira et al., 2016b). A utilização de extratos e óleos essenciais de plantas vem sendo uma alternativa eficiente no bioestímulo do crescimento e proteção vegetal (Steffen et al., 2010). Neste sentido, espécies de eucalipto têm sido estudadas como fornecedoras de compostos bioquímicos naturais, fitoterápicos, os quais representam importantes serviços ecossistêmicos para a sociedade, como o serviço de controle biológico (Siqueira et al., 2016). Assim, o cultivo de eucalipto estaria contribuindo indiretamente para a melhoria da qualidade ambiental e da saúde humana.

Projetos da Embrapa - Os projetos da Embrapa nesse tema estão relacionados às pesquisas com a utilização de óleos essenciais de espécies de eucalipto no controle de verminose em pequenos ruminantes (caprinos) e para redução da infestação de mosca-dos-chifres em bovinos, e manejo da resistência destes insetos (Apêndice 1).

Serviços de regulação

Controle biológico

O controle biológico de pragas e doenças se refere aos processos naturais fornecidos pelos ecossistemas que ajudam a reduzir e limitar esses problemas. Como para todas as paisagens agrícolas e florestais, a supressão e o controle de pragas e doenças nos talhões de eucalipto são importantes para proteger a cultura dos danos causados por elas. Aqui, o cultivo de eucalipto se beneficiaria do serviço de regulação, mas também poderia contribuir para sua provisão, como já destacado na seção anterior. Parasitas e herbívoros são componentes de comunidades ecológicas naturais e têm o potencial de se tornar patógenos e pragas, respectivamente (Brockerhoff et al., 2017; Liebhold et al., 2017). Apenas uma pequena fração das muitas doenças e pragas que afetam as espécies arbóreas causam grandes danos às culturas. A compreensão da sua regulação natural e sob quais circunstâncias esta relação se decompõe e resulta no surgimento de pragas e doenças melhoram o manejo destas ameaças (Boyd et al., 2013). A capacidade de prever a propagação espacial de pragas e doenças são críticas no manejo de seus danos. Como elas têm facilidade de se espalhar nas monoculturas, esforços e recursos financeiros são dedicados ao controle destas, muitas vezes utilizando pesticidas (MEA, 2005). Além disso, os desafios da supressão e controle de pragas tendem a se intensificar, já que mudanças no clima afetam as faixas de pragas e potencialmente trazem novas pragas para os sistemas agrícolas. É esperado que os insetos se tornem mais abundantes com o aumento das temperaturas. Esta abundância será acompanhada por taxas mais altas de desenvolvimento populacional, crescimento, migração e hibernação (Lin, 2011).

Projetos da Embrapa - O controle biológico tem sido uma alternativa positiva no combate às pragas que atacam os eucaliptais e tem sido um dos temas extensivamente pesquisado pela Embrapa. Para iniciar programas de controle biológico, a Embrapa realiza:

- Levantamentos (Queiroz et al., 2012a), catalogação e zoneamentos de pragas e doenças associadas a espécies florestais plantadas no Brasil.
- Gerenciamento e simulação de riscos de pragas para a cultura do eucalipto (Bonetti Filho et al., 2010).
- Distribuição (Queiroz et al., 2018a) e predição de dispersão de pragas (Queiroz et al., 2010) frente a cenários de mudanças climáticas (Queiroz et al., 2013).
- Monitoramento e controle de pragas e doenças florestais,
- Disponibilização de diagnósticos e protocolos para o controle de insetos-praga e fitopatógenos do eucalipto, em diversas regiões do Brasil.

Em projetos específicos, a Embrapa buscou inimigos naturais dentro e fora do Brasil (Favaro et al., 2006), utilizou-se do controle biológico clássico com a introdução de parasitoides exóticos para o controle de pragas, tais como *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero e Dellapé 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae) (Soliman et al., 2019; Barbosa et al., 2018), e *Blastopsylla occidentalis* (Hemiptera: Aphalaridae) (Queiroz et al., 2018b). Para o sucesso do manejo de pragas é essencial o conhecimento e a correta identificação dos insetos associados à cultura (Burckhardt et al., 1999, Queiroz; Burckhardt, 2007). Nesta linha, a Embrapa atuou no: i) manejo e controle biológico de pragas exóticas do eucalipto; ii) manejo e biodiversidade de Psylloidea associadas ao sistema integração lavoura-pecuária-floresta e à citricultura no Brasil; e iii) manejo integrado para o controle de formigas cortadeiras e várias outras pragas em plantios de eucalipto. Dentro do manejo integrado de pragas (Queiroz et al., 2012b), foram estudados processos de controle alternativo de pragas, tais como: a caracterização de danos (Queiroz et al., 2005), plantas resistentes (Queiroz et al., 2010; Camargo et al., 2014) e o aumento da resistência das plantas com o uso de silício (Queiroz et al., 2016). Esta é uma temática muito tratada nas pesquisas da Embrapa, o que pode contribuir para a melhoria da qualidade ambiental nas regiões de cultivo do eucalipto (Apêndice 1).

Serviços ecossistêmicos do solo

Para subsidiar a tomada de decisão e formação de políticas públicas sobre a utilização e manejo mais sustentável dos solos e o desenvolvimento de mecanismos para promover a valorização e valoração dos serviços ecossistêmicos, vários esforços têm sido feitos para melhorar a comunicação e a apropriação do conhecimento sobre solos e sua relação com esses serviços (Blum et al., 2006; Comerford et al., 2013; Robinson et al., 2014; Baral et al., 2016; Jónsson; Davíðsdóttir, 2016; Schwilch et al., 2016a, 2016b; Drobnik et al., 2018; Banwart et al., 2019).

O solo proporciona a base para a produção de alimentos, fibras e energia renovável. Além de seu papel na produção de biomassa e energia, desempenha funções ecológicas, como a regulação dos ciclos hidrológico e biogeoquímico, é o meio natural de reciclagem de materiais orgânicos, tem efeito mitigador das mudanças climáticas globais e serve como reserva genética de biodiversidade. Alguns destes são apresentados em outros itens neste capítulo. Exerce, ainda, funções de natureza socioeconômica, como suporte de infraestrutura e reserva de patrimônio natural e cultural (Blum, 2005; Powlson et al., 2011; FAO; ITPS, 2015). A segurança do solo, que se refere à manutenção e melhoria dos solos em todo o mundo, para que possam continuar a fornecer alimentos, fibras e água potável, contribuir para a sustentabilidade energética e climática e ajudar a manter a biodiversidade e proteger os bens e serviços ecossistêmicos, é maior quando as funções do solo têm maior desempenho (McBratney et

al., 2014). As ameaças e funções do solo de relevância universal foram apontadas pela Comissão das Comunidades Europeias (CEC, 2006). As ameaças são: i) erosão por água e vento; ii) declínio da matéria orgânica; iii) compactação; iv) salinização e v) deslizamentos de terra. As funções são: i) produção de biomassa; ii) armazenamento, filtragem e transformação de nutrientes, substâncias e água; iii) reserva de biodiversidade; iv) ambiente físico e cultural; v) fonte de matéria-prima; vi) atuando como reserva de carbono e vii) conservação do patrimônio geológico e arqueológico (Bouma; McBratney, 2013).

O manejo da fertilidade do solo numa abordagem sistêmica envolve muitas variáveis, sendo que a matéria orgânica tem um papel importante exercendo funções que provêm serviços ecossistêmicos do solo (Coleman et al., 1989; Bot; Benites, 2005; Feller et al., 2006; Schmidt et al., 2011; Xavier; Mendonça, 2011; Murphy, 2014, 2015; FAO; ITPS, 2015; FAO, 2017b). Estratégias de manejo do solo que apliquem técnicas de proteção e conservação do solo junto ao manejo adequado da matéria orgânica, permitirão a formação e melhor estabilidade de agregados do solo (Oades, 1984, 1993; Silva; Mielniczuk, 1997a, 1997b; Le Bissonnais, 2016). Consequentemente, isto favorece um menor escoamento superficial e maior infiltração de água no solo, o que contribui para a purificação da água e para o manancial de água de uma região (tanto “água verde” como reservatório de água disponível no solo, como “água azul” referente ao abastecimento de aquíferos e cursos d’água (Hunink et al., 2012), para o que florestas plantadas tem um papel importante para a conservação de água (Ferraz et al., 2013).

Na cultura do eucalipto o manejo do solo associado a técnicas conservacionistas deve ser definido dependendo do tipo do solo (p. ex., profundidade do solo, textura, declividade), histórico de uso e nível de compactação do solo. Em geral, são considerados o uso do preparo mínimo do solo com subsolador e plantio em covas, plantio em nível, bem como a manutenção de cobertura permanente do solo com cobertura morta (serapilheira); e a utilização de plantas de cobertura englobando um manejo adequado da matéria orgânica dependendo do sistema integrado de produção (Dedecek; Gava, 2005; Dedecek et al., 2007; Oliveira et al., 2013; Prevedello et al., 2014; Gonçalves et al., 2013, 2014, 2017; Silva et al., 2016; Rocha et al., 2018; Wichert et al., 2018).

O manejo adequado melhora a densidade do solo e permite um crescimento radial e longitudinal mais rápido de raízes, bem como de raízes finas, aumentando a capacidade competitiva do eucalipto para sobreviver sob estresse hídrico, frio e nutrientes, além de melhorar as condições estruturais do solo. Neste aspecto, as raízes de eucalipto podem contribuir efetivamente por serem dimórficas com distribuição lateral bem espalhada e pivotante que aumenta em profundidade conforme as árvores se desenvolvem. Também com características oportunistas por crescerem dependendo do gradiente de disponibilidade de água e de nutrientes, com mecanismos de “feedback”

eficientes em resposta a mudanças ambientais. Em geral, estes são atributos controlados geneticamente e têm sido pesquisadas estratégias para melhoramento vegetal e planejamento de uso de espécies e clones dependendo das condições ambientais, com reflexos na sua contribuição aos serviços ecossistêmicos do solo (Laclau et al., 2013; Gonçalves et al., 2013, 2014, 2017; Pinheiro et al., 2016; Jourdan et al., 2018; Bordron et al., 2019).

O cultivo de eucalipto se beneficia dos serviços ecossistêmicos do solo, como fertilidade, retenção de sedimentos e infiltração da água. Contudo, as práticas de manejo dos cultivos de eucaliptos podem contribuir para que o resultado seja positivo, por exemplo, recuperando e aumentando a fertilidade de solos degradados, reduzindo as taxas de erosão e de arraste de sedimentos (que podem contaminar outros ecossistemas) e aumentar a taxa de infiltração da água no solo. Desse modo, o cultivo de eucalipto pode se tornar também um provedor de serviços ecossistêmicos (Brancalion et al., 2017; Cerullo; Edwards, 2019; Silva et al., 2019a). Os principais processos que determinam a extensão e taxa de melhoria do solo em cultivos de eucalipto são aqueles que promovem a proteção da superfície do solo do impacto das chuvas e diminuição da incidência direta dos raios solares (amenizando temperatura do ambiente e do solo). Estes processos ocorrem tanto pela influência da copa das árvores como pelo acúmulo de serapilheira que interferem positivamente na ciclagem e disponibilidade de nutrientes (resultantes da produção e decomposição da biomassa das árvores), bem como promovendo a maior absorção e utilização de nutrientes de camadas mais profundas do solo pelas raízes, as quais também contribuem para a melhoria de atributos físicos no solo (Laclau et al., 2010; Achat et al., 2015; Versini et al., 2016; Soares et al., 2017; Gmach et al., 2018; Wichert et al., 2018; Bordron et al., 2019; Zagatto et al., 2019).

Projetos da Embrapa - A abordagem utilizada nos projetos da Embrapa em relação a esse tema abrange:

- Avaliação técnico-científica da mudança de uso e cobertura das terras envolvendo a cultura do eucalipto por meio da aplicação de geotecnologias, verificada ao longo do tempo, e das alterações ambientais analisando fatores como: (a) a taxa de erosão do solo nos sistemas de manejo; (b) na melhoria da temperatura levando em conta a espacialização dos valores dos fluxos da evapotranspiração; (c) na fixação ou menor liberação de carbono para a atmosfera; (d) na produção de água e (e) na manutenção da fertilidade do solo.
- Prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo (Avanzi et al., 2011; Silva et al., 2014).
- Avaliação do efeito da aplicação de biochar em eucalipto: (a) na fertilidade e física do solo; (b) sobre a edafofauna e a microbiologia do solo; (c) no armazenamento de carbono; (d) na melhoria da agregação do solo; (e) no armazenamento de água do

solo, balanço hídrico do solo e Intervalo Hídrico Ótimo (IHO) (Rezende et al., 2016) e (f) na avaliação visual da estrutura do solo (Souchie et al., 2011).

- Avaliação do uso de isótopos do carbono como traçadores *in situ* para avaliar a influência do ambiente (água e potássio) sobre a dinâmica do carbono nos ecossistemas de eucaliptos; e determinação dos efeitos dos estresses hídricos e nutritivos e das interações entre eles sobre os processos chaves do funcionamento dos eucaliptos (Oliveira et al., 2018).
- Definição de padrões de variabilidade espacial nos sistemas integrados englobando eucalipto, ILPF e ILP, sobre atributos químicos e biológicos do solo e sua correlação com a produtividade de lavouras e pastagens (Deiss et al., 2016; Assis et al., 2017).
- Caracterização das populações de minhocas e determinação do potencial das minhocas como bioindicadoras ambientais e da qualidade do solo (propriedades físico-químicas e fertilidade dos solos) em diversos agroecossistemas e sistemas florestais em vários biomas brasileiros, especialmente na região Sul e Sudeste do Brasil (Zagatto et al., 2017, 2019).
- Caracterização do Intervalo Hídrico Ótimo (IHO), densidade do solo, resistência à penetração, umidade do solo e curva de retenção de água no solo, macro e micronutrientes e teor de carbono, biomassa, atividade enzimática e diversidade microbiana (Chaer; Tótola, 2007; Balieiro et al., 2008; Silva et al., 2009) (Apêndice 1).

Serviços de regulação do clima

Os serviços ecossistêmicos de regulação do clima podem ser estimados pela avaliação do microclima e do clima regional e pelo sequestro e armazenamento de C no solo e na vegetação.

Sequestro e armazenamento de carbono pelo solo e pela vegetação

De todos os serviços ecossistêmicos, o sequestro e armazenamento de C recebem a maior atenção da pesquisa nos últimos anos, principalmente por causa do seu destaque nas discussões sobre mudanças climáticas e mercados de créditos de carbono no meio científico e político (Brasil, 2012b; Stocker et al, 2013), mas também por apresentar metodologia de quantificação bem definida (Tito et al., 2009; Higa et al., 2014; Zanatta et al., 2014; UNFCCC, 2015; FAO, 2019).

Como plantas de ciclo de vida longo, os cultivos de eucalipto, tanto em monocultura, como em sistemas mistos ou integrados, apresentam grande contribuição na remoção do CO₂ atmosférico em função de sua maior biomassa e maior capacidade de captura e utilização de recursos de crescimento (luz, nutrientes e água), comparados aos sistemas de culturas anuais ou pastagens, durante o seu crescimento (Carvalho et al., 2010).

O potencial de captura de C em eucaliptais se dá tanto pela imobilização deste elemento na biomassa florestal (especialmente na madeira), como na imobilização no solo (nas raízes e na matéria orgânica) (Ferez et al., 2015). Destaca-se aqui a madeira utilizada em produtos de maior vida útil e, portanto, com maior tempo de imobilização do C, como móveis e materiais para construção civil (Alves et al., 2015a). Além disto, quando comparado a combustíveis fósseis, o uso de biomassa de eucalipto para fins energéticos pode levar a um abatimento da ordem de 80-90% na emissão de gases de efeito estufa (Gabrielle et al., 2013). O balanço de CO₂ foi também positivo para indústria de papel e celulose, indicando haver muito mais sequestro do que emissão (Ueoka, 2008). Em relação à emissão de óxido nitroso (N₂O), um gás de efeito estufa muitas vezes mais potente que o CO₂ (Myhre et al., 2013), estudos preliminares sugerem que povoamentos de eucalipto apresentam menor taxa de emissão em período de transição da época seca para chuvosa, do que a vegetação de Cerrado típico (Passos et al., 2014). Porém, esta característica precisa ser mais bem estudada em diferentes condições de plantio, solos e clima.

O C também pode ser armazenado no solo. Se as plantações de eucalipto permanecem intocadas por um longo tempo seu estoque de C provavelmente irá aumentar. Entretanto, considerando as práticas adotadas de cultivo de eucalipto, ciclos maiores que seis anos são incomuns (Ditt et al., 2010). Sistemas integrados, como sistemas ILPF, com eucalipto como componente arbóreo, apresentam alto potencial de sequestro de C no solo (Salton et al., 2014; Franchini et al., 2015). O C armazenado tanto nas árvores como no solo geram um saldo positivo, possibilitando a neutralização de gases de efeito estufa liberados por outros componentes do sistema, tais como emissão de óxido nitroso (N₂O) com a aplicação de fertilizantes nitrogenados ou emissão de metano entérico (CH₄) pelos bovinos em pastejo (Kichel et al., 2014; Salton et al., 2014; Franchini et al., 2015). De acordo com Alves et al. (2015a), no Brasil, o potencial de mitigação de GEEs em sistemas de IPF/ILPF com árvores de rápido crescimento como o eucalipto, em densidades de 250-350 árvores ha⁻¹, planejados para corte das árvores a partir dos oito anos de idade, são capazes de produzir 25 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de madeira, o que corresponde a um sequestro anual de cerca de 5 t ha⁻¹ de C, o que equivale à neutralização da emissão de GEEs de cerca de 12 bovinos adultos.

Projetos da Embrapa - A abordagem utilizada em sequestro de C nos projetos da Embrapa abrange:

- Avaliação da quantidade de carbono sequestrado pelo componente arbóreo (diferentes clones de eucalipto) ou pelo solo (estoque de C do solo) em sistemas produtivos (plantios homogêneos, mistos e/ou sistemas integrados) (Salton et al., 2014; Franchini et al., 2015; Alves et al., 2015a; Alves et al., 2015b; Rodrigues et al., 2017).

- Balanço da emissão de GEE, pela diferença entre GEE emitido (N_2O e CH_4) e sequestrado em um sistema produtivo (Novaes et al., 2017; Sato et al., 2019).
- Avaliação de modelos de produção com eucalipto para mitigação de GEE.
- Estudo de condicionadores de solo derivados de eucalipto (biochar) no potencial de sequestrar C em solos.
- Obtenção de indicadores ambientais, em diferentes biomas, para suporte às políticas públicas de incentivo ao controle das mudanças climáticas (Apêndice 1).

Regulação do clima (microclima e clima regional)

Com relação ao clima, os serviços ecossistêmicos promovidos pela cultura do eucalipto podem ser divididos em temperatura e vento.

Quanto à temperatura, os ecossistemas florestais são importantes na regulação macroclimática, devido à absorção do gás carbônico, um dos gases de efeito estufa, mas são importantes também considerando o microclima (Carbonieri et al., 2015; Vieira Júnior et al., 2019). As árvores nas áreas urbanas absorvem pó e poluentes e contêm os efeitos das ilhas de calor presentes em centros urbanos (Lin et al., 2015). Neste aspecto, o cultivo de eucalipto próximo às ocupações urbanas pode contribuir para reduzir a temperatura que ocorre nos horários mais quentes do dia e aumentá-la nos horários mais frios, formando um tamponamento climático e cumprindo, assim, o papel de regulação do microclima.

No campo, cumprindo este papel de regulação climática, a presença do componente arbóreo pode proporcionar maior conforto térmico para os animais, melhorando o desempenho reprodutivo e criando condições para um ambiente mais produtivo (Wrege et al., 2015). Para as culturas o benefício se refere à redução de riscos de geada e permite o crescimento de espécies que requerem ambientes mais sombreados (Paciullo et al., 2009; Lin et al., 2010; Souza et al., 2010).

Quanto à incidência de ventos, os ventos suaves podem ajudar a uniformizar a temperatura do ar e a umidade relativa, diminuindo o gradiente de temperatura entre a superfície do solo e as zonas de maior altitude, o que muitas vezes evita que ocorra uma geada e a distribuir a umidade do ar das zonas mais úmidas para as zonas mais secas. Os quebra-ventos formados pelos plantios de espécies arbóreas podem reduzir a velocidade dos ventos e, assim, reduzir o acamamento de plantas (Durigan, 1986).

Projetos da Embrapa - A abordagem dos diversos projetos da Embrapa utilizada em relação ao tema foi voltada, especialmente, para o microclima em duas vertentes temáticas. A primeira relaciona a presença das sombras de árvores de eucaliptos no sistema ILPF ao benefício na criação animal e melhoria nas propriedades físico-químicas dos solos. No que tange ao componente animal, o contexto explorado é o de que a sombra das árvores cria um ambiente confortável aos animais reduzindo o estresse pelo efeito do calor ou frio excessivo, propiciando maior ganho de peso, maior produção de

leite e maior eficiência reprodutiva (Karvatt Junior et al., 2016; Alves et al., 2017). A segunda vertente analisa benefícios nos aspectos ecofisiológicos associados à produtividade florestal (Costa et al., 2015, Attia et al., 2019) (Apêndice 1).

Manejo e reciclagem de resíduos

No cultivo de eucalipto, grandes quantidades de resíduos florestais permanecem no campo após a colheita, minimizando assim o problema da exportação de nutrientes do solo e da erosão. Esse material é constituído em sua maior parte pela casca, ramos e folhas das copas das árvores e árvores finas, inteiras e toras (Foelkel, 2007). Bellote et al. (2008a) avaliaram o efeito de diferentes manejos de resíduos florestais (resíduos da colheita como casca, galhos, ponteira, folhas e serapilheira) no estado nutricional das árvores, no conteúdo de nutrientes na serapilheira e a biomassa de serapilheira produzida por *Eucalyptus grandis* e constataram que a manutenção no sítio do resíduo da colheita florestal melhora o estado nutricional das árvores e aumenta a produtividade. Estes autores também observaram que a adição de resíduos da fábrica de celulose permitiu aumento expressivo de produtividade do plantio. Os resíduos florestais têm grande potencial para a produção de biochar, obtido por pirólise (processo que envolve o aquecimento da matéria orgânica na ausência de oxigênio) (Bergier et al., 2015; Novotny et al., 2015). O biochar, rico em C, tem sido aplicado em cultivos florestais, como uma proposta tecnológica que usa o carvão no solo para o enriquecimento das frações estáveis de C no solo, visando seu acúmulo e sequestro neste compartimento e também o incremento da qualidade do solo e, conseqüentemente, do crescimento das árvores (Trazzi et al., 2018). Neste contexto, os resíduos de madeira de eucalipto destacam-se entre os melhores materiais com potencial para a produção de biochar de alta qualidade. Isto devido à sua homogeneidade, teor de lignina e disponibilidade no Brasil, o que favorece a viabilidade econômica de seu fabrico (Novotny et al., 2015; Domingues et al., 2017). Portanto, o adequado manejo e a reciclagem de resíduos florestais de eucalipto podem contribuir para o controle da erosão, fertilidade e infiltração de água do solo.

Nas empresas do setor de produção de madeira, papel e celulose, por exemplo, são gerados diversos tipos de resíduos. A reciclagem dos resíduos industriais para uso como fertilizantes ou energia reduz o requerimento de outras fontes, como combustível fóssil. Na indústria de papel e celulose, o processo *Kraft* para a extração de celulose gera a lama de cal e o lodo orgânico resultante de tratamentos de efluentes líquidos, as cascas de eucalipto provenientes do processo de descascamento, e as cinzas advindas da queima de biomassa nas caldeiras para obtenção de energia (Toledo et al., 2015). O reaproveitamento de resíduos de processamento da indústria madeireira, como cinzas de madeira e lodo celulósico, gerados em estações de tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel vem ganhando importância, pela sua abundância e baixo custo (Maeda et al., 2015). A aplicação desses resíduos

(associados a calcário dolomítico) como insumo na fertilização de solos florestais atende à Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010) e contribui para a melhoria da fertilidade do solo, principalmente na reposição de cálcio e magnésio (Maeda et al., 2015).

A lignina de efluentes da indústria de papel e celulose também pode ser reaproveitada para a obtenção de diversos produtos químicos renováveis (Schorr et al., 2014). A geração de efluentes líquidos e gasosos (com reconhecido potencial tóxico) (Laurichesse; Avérous, 2014) como o licor negro e gases de enxofre podem ser considerados como uma fonte de matéria-prima para processos químicos de conversão (Lourençon, 2018). A abordagem é o desenvolvimento de monômeros fenólicos para a produção de resinas e antioxidantes para a conservação de biocombustível, a partir de ligninas, de modo a agregar valor às cadeias da biomassa de eucalipto.

Projetos da Embrapa - A abordagem utilizada nos projetos da Embrapa em relação ao aproveitamento de resíduos agroflorestais inclui:

- A produção de biochar a partir de resíduos florestais (Bergier et al., 2015; Novotny et al., 2015; Rezende et al., 2016).
- O aproveitamento de lodo resultante do tratamento de efluentes de fábricas e de aparas de papel como insumo de nutrição florestal (Maeda et al., 2015; Faria et al., 2016).
- Aplicação de resíduos orgânicos em plantios florestais e manejo dos resíduos da colheita (Andrade et al., 2006).
- O aproveitamento de ligninas para a obtenção de novos produtos químicos com um enfoque de biorefinarias (Virmond et al., 2013; Zanoni et al., 2017; Lourençon, 2018) (Apêndice 1).

Serviços de suporte

Estes serviços são essenciais para a manutenção da dinâmica dos ecossistemas, contribuindo, portanto, para o fluxo dos demais serviços ecossistêmicos e para a atividade agrícola e florestal (MEA, 2005). Dessa maneira, o cultivo de eucalipto é beneficiado pelos serviços de suporte, mas também pode ser um provedor, tais como o serviço de ciclagem de nutrientes em função dos resíduos florestais.

Ciclagem de nutrientes

Estima-se que vinte nutrientes sejam essenciais à vida, incluindo nitrogênio (N), fósforo (P) e carbono (C), os quais ciclam por processos ecológicos e são mantidos em concentrações variadas e adequadas para sustentar a vida nos diferentes ecossistemas naturais (Lavelle et al., 2005; FAO; ITPS, 2015; FAO, 2017b). Em geral os nutrientes

ocorrem no ambiente em diferentes formas (gasosa, mineral, inorgânica como íons e orgânica como em organismos e matéria orgânica) e a ciclagem envolve fluxos controlados por diferentes mecanismos de transformações entre e, ou nos componentes bióticos e abióticos. Os serviços ecossistêmicos de ciclagem de nutrientes são baseados na determinação de funções dos ecossistemas como fixação biológica de N, suprimento de P por fungos micorrízicos, e taxas de decomposição e de mineralização de serapilheira e acúmulo da matéria orgânica do solo (estoque de C) (Laclau et al., 2010; Ghaley et al., 2014; Achat et al., 2015; FAO; ITPS, 2015; Versini et al., 2016; FAO, 2017a; Santos et al., 2017; Pereira et al., 2018, 2019; Marron; Epron, 2019; Voigtlaender et al., 2019; Zagatto et al., 2019).

A matéria orgânica tem um papel importante na fertilidade do solo em sua abordagem mais ampla, especialmente em solos tropicais e subtropicais (Coleman et al., 1989; Bot; Benites, 2005). Isto porque compreende compartimentos ou grupos de componentes lábeis, resistentes, humificados e recalcitrantes (que engloba o C pirogênico e o carvão) (Baldock, 2007), com funções múltiplas na expressão dos processos químicos (ciclagem e armazenamento de nutrientes e de água, e complexação de metais pesados ou substâncias tóxicas), físicos (formação e estabilidade dos agregados do solo) e biológicos do solo (Murphy, 2014, 2015). Variações naturais dos tipos de solos, clima, taxas de mineralizações e sistemas de cultivo, todos afetam os níveis de fertilidade do solo e as tendências de esgotamento ou acúmulo de nutrientes e consequentemente a produtividade dos sistemas de produção. A matéria orgânica do solo (MOS) tem como principal componente o C e engloba resíduos de plantas, animais e microrganismos em diversos estágios de decomposição, em íntima associação com os minerais do solo. O acúmulo da MOS quantificado como estoque de C depende da intensidade dos processos de adição de resíduos vegetais e de decomposição destes compostos orgânicos sendo vários os fatores biológicos, químicos e físicos que conferem às frações orgânicas proteção ao ataque de microrganismos (Silva; Mielniczuk, 1997a, 1997b; Lützow et al., 2006; Baldock, 2007; Schmidt et al., 2011; Jarvis et al., 2012; O'Brien; Jastrow, 2013).

Na abordagem ecossistêmica, há dois problemas em relação à ciclagem de nutrientes relacionados às alterações causadas por atividades humanas: a redução por exportação de nutrientes nos solos cultivados e o excesso de oferta de nutrientes por meio da adição de fertilizantes sintéticos solúveis (Lavelle et al., 2005). No primeiro caso, há muitas regiões onde a colheita sem reposição de nutrientes tem levado a um esgotamento da fertilidade do solo, com sérias consequências para a nutrição humana e o meio ambiente. No segundo, por exemplo, o acúmulo de N e P no solo permite um grande aumento da produção de alimentos, mas a custo do aumento das emissões de GEE e da eutrofização de corpos d'água e sistemas costeiros (Lavelle et al., 2005). Neste caso, se não forem adotadas práticas de manejo que contribuem para a retenção de arraste de sedimentos e redução das taxas de erosão, tem-se como

resultado a deterioração de uma série de serviços ecossistêmicos terrestres e aquáticos e do bem-estar humano (Clark et al., 2017).

Projetos da Embrapa - Há duas abordagens em relação à ciclagem de nutrientes nos projetos com eucalipto na Embrapa. A primeira é o consórcio de eucalipto com espécies arbóreas fixadores de N, nativas ou introduzidas (como *Acacia mangium*, espécie florestal australiana). A perspectiva é de que o consórcio com leguminosas propicie melhoria da fertilidade do solo (pelo seu enriquecimento com N) e aumento da disponibilidade de fósforo, resultando no incremento do crescimento do eucalipto e da produtividade no povoamento misto (Santos et al., 2018). As avaliações estimam a fixação biológica de N_2 e a contribuição da fixação biológica do N ao eucalipto. O consórcio também é feito entre eucalipto e leguminosas herbáceas como *Centrosema acutifolium*, *Clitoria ternatea*, *Pueraria phaseoloides*, estilosantes-campo-grande (*Stylosanthes capitata* + *S. macrocephala*), *Arachis pintoi*, *Calopogonium mucunoides*, *Dolichos lab-lab* e *Aeschynomene vilosae*) utilizadas como pastagens de bovinos.

A segunda abordagem da ciclagem de nutrientes em povoamentos de eucalipto é avaliar se a serapilheira que se acumula no solo (o que indica reciclagem de quantidades importantes de N e C) é fonte de produção de óxido nitroso (N_2O) e de oxidação de metano (CH_4). Os trabalhos visam desenvolver fatores de emissão de N_2O para N da serapilheira em plantios de eucalipto, nas regiões produtoras (Cuer et al., 2018; Silva et al., 2018). Nesta abordagem o cultivo de eucalipto se torna um provedor de serviço ecossistêmico, na forma de ciclagem de nutrientes (Apêndice 1).

Conservação da biodiversidade

A biodiversidade é a variabilidade entre organismos vivos e os complexos ecológicos dos quais eles fazem parte (Mace et al., 2005; Garbach et al., 2014). Quando uma espécie é perdida em um determinado local (mesmo que não seja extinta) ou introduzida em outro local, os vários serviços ecossistêmicos associados a essa espécie são alterados. Quando um habitat é convertido, uma variedade de serviços ecossistêmicos associados às espécies presentes nesse local é alterada, muitas vezes com impacto direto e imediato na biodiversidade e sobre as pessoas (Thompson et al., 2014). Mudanças na biodiversidade também podem ter impactos indiretos nos serviços ecossistêmicos (Gardner et al., 2008), que podem ocorrer pelo aumento dos riscos potenciais de quebra de safra e de danos causados por pragas e doenças (Boyd et al., 2013).

Contudo, florestas plantadas que são bem manejadas considerando os conceitos de ecologia da paisagem, como proteção de remanescentes, corredores de vegetação natural e que são compostas de uma riqueza maior de espécies arbóreas, além da manutenção da matéria orgânica e da porosidade do solo, provavelmente fornecerão

serviços ecossistêmicos em um grau maior do que aquelas que não são (Brockenhoff et al., 2013; Pompeo et al., 2017; Castaño-Villa et al., 2019).

A produção de mel de eucalipto é beneficiada com o cultivo, portanto, contribuindo para a preservação de polinizadores (Luz et al., 2011). Assim, o cultivo de eucalipto poderia contribuir para a manutenção e até mesmo expansão do serviço de polinização (serviço de regulação, porque contribui para a presença dos polinizadores, especialmente abelhas) e produção de mel (serviço de provisão) (Brockenhoff et al., 2013; Hilgert-Moreira et al., 2014).

Projetos da Embrapa - A maioria dos projetos da Embrapa nesse tema está ligada à preocupação do setor florestal com exigências do mercado e no cumprimento da legislação ambiental (Código Florestal e legislações estaduais). Por isso, propõem ações de restauração florestal em áreas de Reserva Legal (RL) e Áreas de Preservação Permanente (APP), que representam, respectivamente, as figuras de conservação e preservação mais importantes definidas na legislação (Brasil, 2012a; Pereira et al., 2016a).

Os projetos também buscam soluções para os principais passivos ambientais (como as áreas degradadas) e orientam os produtores rurais para a adequação ambiental em suas propriedades. A interação de espécies nativas com a implantação de florestas comerciais, permitida pela legislação, é apresentada como uma solução para a restauração florestal. Nas propriedades rurais, os projetos avaliam indicadores ecológicos em sub-bosque de eucalipto e em remanescentes florestais, como o estado da biodiversidade da flora arbustivo-herbácea e da fauna, a riqueza de aves e mamíferos, a riqueza do banco de sementes, e a regeneração natural de espécies nativas. Essas avaliações permitem associar o tipo e intensidade do uso da terra e a quantidade e qualidade dos serviços ecossistêmicos gerados. Ferramentas de geotecnologias também são utilizadas para selecionar áreas para recomposição vegetal, com o objetivo de promover o aumento da conectividade entre remanescentes florestais (Ronquim et al., 2016; Teixeira et al., 2017) (Apêndice 1).

Serviços culturais

Os ecossistemas fornecem não apenas serviços tangíveis, mas também serviços ecossistêmicos não materiais ligados à percepção humana, como patrimônio cultural, tradições, estética e valores recreativos (De Groot; Ramakrishnan, 2005). Estes podem ser preservados em paisagens físicas e em registros históricos e conhecimento tradicional e são um pré-requisito para um desenvolvimento sustentável, onde haja equilíbrio entre valores ecológicos, sociais e econômicos (Tengberg et al., 2012; Oliveira; Berkes, 2014). A forma como as pessoas respondem a uma mudança no uso da terra é determinada pelos benefícios que eles obtêm nos usos anterior e posterior a essa

mudança, e pelo valor que elas colocam nesses benefícios (Teoh et al., 2019). Embora na Embrapa hajam estudos sobre o impacto dos cultivos de eucalipto nos indicadores ambientais, como os efeitos no sequestro e armazenamento de carbono e no ciclo de nutrientes, não há registros de estudos utilizando a abordagem sobre as percepções de serviços culturais.

No Brasil, onde a importância econômica da silvicultura tem aumentado e espera-se que continue sendo no futuro próximo, o manejo sustentável dos serviços ecossistêmicos é importante para o desenvolvimento dos cultivos. Neste contexto, a vinculação dos serviços culturais ao cultivo de eucalipto poderia auxiliar na adoção de práticas de manejo mais conservacionistas, além de promover uma integração social. Algumas áreas de cultivo de eucalipto poderiam ser usadas, por exemplo, para prover serviços de recreação enquanto estão em fase de crescimento. Em função das características biofísicas do cultivo de eucalipto, a prática de atividades de lazer é possível, além das questões de sensação de tranquilidade, entre outros. Ainda, em áreas usadas para a produção de mel de eucalipto, o desenvolvimento de festas e atividades culturais.

Tendências para a pesquisa em eucalipto

Pensando no futuro e no compromisso com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU, a Embrapa investe em várias tecnologias sustentáveis algumas ainda em andamento, mas com resultados promissores. Entre as centenas de tecnologias geradas pela Embrapa, destacam-se as que embasaram duas políticas públicas importantes para o compromisso brasileiro de redução das emissões de gases de efeito estufa: o Programa ABC (de financiamento) e o Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC), em vigor desde 2010. Uma dessas tecnologias, o sistema integração lavoura-pecuária-florestas (ILPF), é utilizada, sob diferentes combinações, em mais de 14 milhões de hectares no Brasil (Embrapa, 2018). Nestes sistemas, o eucalipto vem encontrando posição de destaque. No entanto, com a dinâmica das florestas naturais ou plantadas, os problemas podem mudar rapidamente dependendo de fatores ambientais e mercadológicos, que geram variações nas dimensões e localização das áreas plantadas, nos materiais genéticos utilizados para os diferentes fins ou no tipo de manejo da cultura. Os principais desafios de pesquisa e inovação da Embrapa em serviços ecossistêmicos e que se adequam aos cultivos de eucalipto são:

- Viabilizar a multifuncionalidade dos serviços ecossistêmicos em escala de paisagem rural.

- Viabilizar a inserção dos serviços ecossistêmicos prestados por sistemas de produção das principais *commodities* agropecuárias ao sistema de contas econômicas e ambientais.
- Viabilizar a transição de sistemas agropecuários e florestais de elevado impacto ambiental para sistemas de produção sustentáveis.
- Estimular a certificação de propriedades rurais com sistemas de produção multifuncionais que assegurem a prestação de serviços ecossistêmicos.
- Agregar valor aos sistemas de ILPF pelo reconhecimento de serviços ecossistêmicos intrínsecos do sistema.
- Estimular o manejo integrado de pragas sem uso de agroquímicos e prestigiando o controle biológico.

A maioria dos 107 projetos identificados nesse estudo segue as diretrizes da silvicultura intensiva, que não considera a provisão de serviços ecossistêmicos múltiplos como um mecanismo para a sustentabilidade do negócio. No entanto, em função do ordenamento ditado pela política internacional e pelo mercado de *commodities*, a tendência é de que abordagem ecossistêmica que considera, além dos aspectos econômicos, também os aspectos ambientais e sociais, faça parte do futuro da silvicultura. Cabe aos protagonistas da pesquisa florestal atuar nessa direção, incorporando agendas ambientais urgentes em suas propostas de pesquisa, tais como tecnologias de baixo carbono, redução da pegada hídrica, uso sustentável de recursos e conservação da biodiversidade.

Referências

- ACHAT, D. L.; DELEUZE, C.; LANDMANN, G.; POUSSE, N.; RANGER, J.; AUGUSTO, L. Quantifying consequences of removing harvesting residues on forest soils and tree growth: a meta-analysis. **Forest Ecology and Management**, v. 348, p. 124-141, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.03.042>.
- ALVES, B. J. R.; MADARI, B. E.; BODDEY, R. M. Integrated crop livestock forestry systems: prospects for a sustainable agricultural intensification. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 108, p. 1-4, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10705-016-9818-6>.
- ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A. **Carne carbono neutro**: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos. Brasília, DF: Embrapa Gado de Corte, 2015a. 32 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 210). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1056155>.
- ALVES, F. V.; NICODEMO, M. L. F.; PORFIRIO-DA-SILVA, V. Bem-estar animal em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (org.). **Integração lavoura-pecuária-floresta**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 2015b. v. 1. p. 273-287.

- ANDRADE, G. de C.; BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. da; RIZZI, N. E.; GAVA, J. L. Acúmulo de nutrientes na biomassa e na serapilheira de *Eucalyptus grandis* em função da aplicação de lixo urbano e de nutrientes minerais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 53, p. 109-136, 2006.
- ASSIS, P. C. R.; STONE, L. F.; SILVEIRA, A. L. R.; OLIVEIRA, J. M.; WRUCK, F. J.; MADARI, B. E. Biological soil properties in integrated crop-livestock-forest systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, e0160209, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20160209>.
- ATTIA, A.; NOUVELLON, Y.; CUADRA, S. V.; CABRAL, O.; LACLAU, J. P.; GUILLEMOT, J.; CAMPOE, O.; STAPE, J.; GALDOS, M.; LAMPARELLI, R.; MARIE, G. L. Modelling carbon and water balance of Eucalyptus plantations at regional scale: effect of climate, soil and genotypes. **Forest Ecology and Management**, v. 449, p. 1-13, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117460>.
- AVANZI, J. C.; NORTON, L. D.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, A. H.; SILVA, M. A. Aggregate stability in soils cultivated with eucalyptus. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 89-96, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000100012>.
- AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; NORTON, L. D.; BESKOW, S.; MARTINS, S. G. Spatial distribution of water erosion risk in a watershed with eucalyptus and atlantic forest. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 5, p. 427-434, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542013000500006>.
- BALDOCK, J. A. Composition and cycling of organic carbon in soil. **Soil Biology**, v. 10, p. 1-35, 2007. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-68027-7_1.
- BALIEIRO, F. C.; OLIVEIRA, W. C.; PEREIRA, M. G.; A., L. H. C.; PICOLLO, M. de C.; JACCOUD, C. F. Fertilidade e carbono do solo e uso da água pelo eucalipto numa topossequência em Seropédica, RJ. **Revista Árvore**, v. 32, p. 153-162, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000100017>.
- BANWART, S. A.; NIKOLAIDIS, N. P.; ZHU, Y-G; PEACOCK, C. L.; SPARKS, D. L. Soil functions: connecting earth's critical zone. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 47, p. 333-359, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-063016-020544>.
- BARAL, H.; GUARIGUATA, M. R.; KEENAN, R. J. A proposed framework for assessing ecosystem goods and services from planted forests. **Ecosystem Services**, v. 22, p. 260-268, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.10.002>.
- BARBOSA, L. R.; RODRIGUES, A. P.; SOUZA, L. N.; FOERSTER, L. A.; SOUZA, A. R.; CASTRO, B. M. C.; WILCKEN, C. F.; ZANUNCIO, J. C. Development of *Cleruchoides noackae*, an egg-parasitoid of *Thaumastocoris peregrinus*, in eggs laid on different substrates, with different ages and post-cold storage. **Biocontrol**, v. 63, p. 193, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9863-3>.
- BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R. A.; SILVA, H. D. da. Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantio de *Eucalyptus* com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 56, p. 31-41, 2008a.
- BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. Nutrição, adubação e calagem para *Eucalyptus*. In: FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. (org.). **Formação de povoamentos florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008b. p. 55-65.

- BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. Sampling techniques and nutritional evaluations in eucalipt plantations. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (org.). **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004. p. 113-139.
- BERGIER, I.; MAIA, C. M. B. F.; GUIOTOKU, M.; PAIVA, P. M. V.; SILVA, A. P.; NOVOTNY, E. H. Pyrolysis dynamics of biomass residues in hot-stage. **Bioresources**, v. 10, p. 7604-7617, 2015. DOI: <https://doi.org/10.15376/biores.10.4.7604-7617>.
- BINKLEY, D.; CAMPOE, O. C.; ALVARES, C.; CARNEIRO, R. L.; CEGATTA, I.; STAPE, J. L. The interactions of climate, spacing and genetics on clonal Eucalyptus plantations across Brazil and Uruguay. **Forest Ecology and Management**, v. 405, p. 271-283, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.050>.
- BLUM, W. E. H. Functions of soil for society and the environment. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 4, p. 75-79, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11157-005-2236-x>.
- BLUM, W. E. H.; WARKENTIN, B. R.; FROSSARD, E. Soil, human society and the environment. **Geological Society**, v. 266, nesp., p. 1-8, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2006.266.01.01>.
- BONETTI FILHO, R. Z.; QUEIROZ, D. L.; QUEIROZ, E. C.; GARRASTAZU, M.; RODRIGUEZ-FERNANDEZ, J. I.; FERNANDES, B. V. Modelos de distribuição e gestão de risco de insetos-praga de eucalipto no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 23., 2010. **Anais [...]**. Natal: Sociedade Brasileira de Entomologia: Emparn, 2010. CD-ROM.
- BORDRON, B.; ROBIN, A.; OLIVEIRA, I. R.; GUILLEMOT, J.; LACLAU, J.-P.; JOURDAN, C.; NOUVELLON, Y.; ABREU JUNIOR, C. H.; TRIVELIN, P. C. O.; GONÇALVES, J. L. M.; PLASSARD, C.; BOUILLET, J.-P. Fertilization increases the functional specialization of fine roots in deep soil layers for young *Eucalyptus grandis* trees. **Forest Ecology and Management**, v. 431, p. 6-16, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.018>.
- BOSI, C.; PEZZOPANE, J. R. M.; SENTELHAS, P. C. Soil water availability in a full sun pasture and in a silvopastoral system with eucalyptus. **Agroforestry Systems**, v. 94, p. 429-440, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00402-7>.
- BOT, A.; BENITES, J. **The importance of soil organic matter**: key to drought-resistant soil and sustained food and production. Rome: FAO, 2005. 78 p. (FAO. Soils bulletin, 80).
- BOUMA, J.; MCBRATNEY, A. Framing soils as an actor when dealing with wicked environmental problems. **Geoderma**, v. 200–201, p. 130–139, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.02.011>.
- BOYD, I. L.; FREER-SMITH, P. H.; GILLIGAN, C. A.; GODFRAY, H. C. J. The Consequence of tree pests and diseases for ecosystem services. **Science**, v. 342, p. 1-10, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1235773>.
- BRANCALION, P. H. S.; CAMPOE, O. C.; MENDES, J. C. T.; NOEL, C.; MOREIRA, G. G.; MELIS, J. V.; STAPE, J. L.; GUILLEMOT, J. Intensive silviculture enhances biomass accumulation and tree diversity recovery in tropical forest restoration. **Ecological Applications**, v. 29, n. 2, e01847, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/eap.1847>.

- BRANCALION, P. H. S.; LAMB, D.; CECCON, E.; BOUCHER, D.; HERBOHN, J.; STRASSBURG, B.; EDWARDS, D. P. Using markets to leverage investment in forest and landscape restoration in the tropics. **Forest Policy and Economics**, v. 85, p. 103–113, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.08.009>.
- BRASIL. Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; (...) e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, n. 102, p. 1-8, 2012a.
- BRASIL. **Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2. ed. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2012. 73 p. Disponível em <https://fd.com.br/catadores/pdf/politica_residuos_solidos.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**: plano ABC. Brasília, DF, 2012b. 173 p. (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono).
- BROCKERHOFF, E. G.; JACTEL, H.; PARROTTA, J. A.; FERRAZ, S. F. B. Role of eucalypt and other planted forests in biodiversity conservation and the provision of biodiversity-related ecosystem services. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 43-50, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.09.018>.
- BROCKERHOFF, E. G.; LIEBHOLD, A. M. Ecology of forest insect invasions. **Biological Invasions**, v. 19, n. 11, p. 3141–3159, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1514-1>.
- BURCKHARDT, D.; QUEIROZ, D. L.; ANDRADE, F. M.; PENTEADO, S. R. C.; IEDE, E. T.; TIERRA, A. L. Psyllid Pest (Hemiptera, Psylloidea) in south american eucalypt plantations. **Bulletin de La Societé Entomologic Suisse**, v. 72, p. 1-10, 1999.
- CALDATO, S. L.; SCHUMACHER, M. V. O uso de água pelas plantações florestais: uma revisão. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 507-516, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509810562>.
- CAMARGO, J. M. M.; ZANOL, K. M. R.; QUEIROZ, D. L.; DEDECECK, R. A.; OLIVEIRA, E. B.; MELIDO, R. C. N. Resistência de Clones de *Eucalyptus* ao Psilídeo-de-Concha. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, p. 91-97, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4336/2014.pfb.34.77.504>.
- CAMPOE, O. C.; IANNELLI, C.; STAPE, J. L.; COOK, R. L.; MENDES, J. C. T.; VIVIAN, R. Atlantic forest tree species responses to silvicultural practices in a degraded pasture restoration plantation: from leaf physiology to survival and initial growth. **Forest Ecology and Management**, v. 313, p. 233-242, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2013.11.016>.
- CAPPA, E. P.; LIMA, B. M.; SILVA-JUNIOR, O. B.; GARCIA, C. C.; MANSFIELD, S. D.; GRATTAPAGLIA, D. Improving genomic prediction of growth and wood traits in *Eucalyptus* using phenotypes from non-genotyped trees by single-step GBLUP. **Plant Science**, v. 284, p. 9-15, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.03.017>.
- CARBONIERI, J.; MORAIS, H.; SANTORO, P. H.; ANDRE, J. Microclima em sistema de cultivo de cafeeiros arborizados e a pleno sol. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2015, Curitiba. **Consórcio pesquisa café**: oportunidades e novos desafios: anais. Brasília, DF: Embrapa Café, 2015. 5 p.

CARNEIRO, F. F.; PIGNATI, W. A.; RIGOTTO, R. M.; AUGUSTO, L. G. S.; PINHEIRO, A. R. DE; FARIA, N. M. X.; ALEXANDRE, V. P.; FRIEDRICH, K.; MELLO, M. S. C. Segurança Alimentar e nutricional e saúde. In: CARNEIRO, F. F.; AUGUSTO, L. G. S.; RIGOTTO, R. M.; FRIEDRICH, K.; BÚTIHO, A. C. (org.). **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015. p. 46-89.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 277-289, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200001>.

CASTAÑO-VILLA, G. J.; ESTEVEZA, J. V.; GUEVARA, G.; BOHADA-MURILLO, M.; FONTÚRBELE, F. E. Differential effects of forestry plantations on bird diversity: a global assessment. **Forest Ecology and Management**, v. 440, p. 202-207, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.03.025>.

CEC. Commission of the European Communities. **Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions**. Thematic Strategy for Soil Protection. COM 231 Final. Brussels. 2006.

CERQUEIRA, C. L.; MÔRA, R.; TONINI, H. Forma do fuste de eucalipto em diferentes arranjos de plantio e espaçamentos. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 3, p. 137-141, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v4i3.5073>.

CERULLO, G. R.; EDWARDS, D. P. Actively restoring resilience in selectively logged tropical forests. **Journal of Applied Ecology**, v. 56, p. 107-118, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13262>.

CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1381-1396, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600016>.

CLARK, C. M.; BELL, M. D.; BOYD, J. W.; COMPTON, J. E.; DAVIDSON, E. A.; DAVIS, C.; FENN, M. E.; GEISER, L.; JONES, L.; BLETT, T. F. Nitrogen-induced terrestrial eutrophication: cascading effects and impacts on ecosystem services. **Ecosphere**, v. 8 n. 7, p. e01877, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ecs2.1877>.

COLEMAN, D. C.; OADES, J. M.; UEHARA, G. (ed.). **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu: University of Hawaii Press, 1989. 352 p.

COMERFORD, N. B.; FRANZLUEBBERS, A. J.; STROMBERGER, M. E.; MORRIS, L.; MARKEWITZ, D.; MOORE, R. Assessment and evaluation of soil ecosystem services. **Soil Horizons**, p. 1-14, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.2136/sh12-10-0028>.

COSTA, M. A. A.; SANTOS, V. A. H. F.; VIEIRA, C. V.; FARIAS NETO, A. L.; MENEGUCI, J. L. P.; ZOLIN, C. A. ; LULU, J. ; PORFIRIO-DA-SILVA, V. Aspectos ecofisiológicos e de crescimento de *Eucalyptus urograndis* submetido à suplementação hídrica em plantios clonais. **Revista de Biologia Neotropical**, v. 12, p. 44-57, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5216/rbn.v1i1.28306>.

CUER, C. A.; RODRIGUES, R. A. R.; BALIEIRO, F. C.; JESUS, J.; SILVA, E. P.; ALVES, B. J. R.; RACHID, C. T. C. C. Short-term effect of *Eucalyptus* plantations on soil microbial communities and soil-atmosphere methane and nitrous oxide exchange. **Scientific Reports**, v. 8, p. 15133, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33594-6>.

DECLERCK, F. A. J.; JONES, S. K.; ATTWOOD, S.; BOSSIO, D.; GIRVETZ, E.; CHAPLIN-KRAMER, B.; ENFORS, E.; FREMIER, A. K.; GORDON, L. J.; KIZITO, F.; LOPEZ NORIEGA, I.; MATTHEWS, N.; MCCARTNEY, M.; MEACHAM, M.; NOBLE, M.; QUINTERO, M.; REMANS, R.; SOPPE, R.; WILLEMEN, L.; WOOD, S. L. R.; ZHANG, W. Agricultural ecosystems and their services: the vanguard of sustainability? **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 23, p. 92-99, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2016.11.016>.

DE GROOT, R.; RAMAKRISHNAN, P. S. (coord.). Cultural and amenity services. In: HASSAN, R.; SCHOLLES, R.; ASH, N. (ed.). **Ecosystems and human well-being: current state and trends: findings of the Condition and Trends Working Group**. Washington, DC: Island Press, 2005. v., p. 455-476. (The Millennium Ecosystem Assessment series). Disponível em: <<https://www.millenniumassessment.org/en/Condition.html#download>>. Acesso em: 2 jul. 2019.

DEDECEK, R. A.; BELLOTE, F. J.; MENEGOL, O. Influence of residue management and soil tillage on second rotation Eucalyptus growth. **Scientia Forestalis**, n. 74, p. 9-17, 2007.

DEDECEK, R. A.; GAVA, J. L. Influência da compactação do solo na produtividade da rebrota de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 383-390, 2005.

DEISS, L.; MORAES, de M.; PELISSARI, A.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; ANDREOLLA, V. R. M. Oat grain yield under nitrogen uses in na eucalyptus intercropping system in Subtropical Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 462-470, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160056>.

DITT, E. H.; MOURATO, S.; GHAZOU, J.; KNIGHT, J. Forest conversion and provision of ecosystem services in the Brazilian Atlantic Forest. **Land Degradation & Development**, v. 21, p. 591-603, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.1010>.

DOMINGUES, R. R.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, C. A.; MELO, L. C. A.; MAGRIOTIS, Z. M.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A. Properties of biochar derived from wood and high-nutrient biomasses with the aim of agronomic and environmental benefits. **Plos One**, v. 12, n. 5, p. e0176884, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176884>.

DROBNIK, T.; GREINER, L.; KELLER, A.; GRÊT-REGAMEY, A. Soil quality indicators: from soil functions to ecosystem services. **Ecological Indicators**, v. 94, p. 151-169, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.052>.

DURIGAN, G. **Efeito dos quebra-ventos de *Grevillea robusta* A. Cunn sobre a velocidade do vento**. 1986. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

DVORAK, W. S. Water use in plantations of eucalypts and pines: a discussion paper from a tree breeding perspective. **International Forestry Review**, v. 14, n. 1, p. 110-119, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1505/146554812799973118>.

EMBRAPA. **Quaesta**. Brasília, DF, [2019]. Disponível em: <<https://sistemas.sede.embrapa.br/quaesta/quaesta.php>>. Acesso em: 27 mar. 2019.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF, 2018. 212 p. Disponível em: <www.embrapa.br/futuro>.

FACCO, A. G.; RIBEIRO, A.; PRUSKI, F. F.; MONTEIRO, W. C.; LEITE, F. P.; ANDRADE, R. G.; MENEZES, S. J. M. DA C. DE. Técnicas de geoinformação para estimativa do balanço hídrico em eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1243-1250, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000900009>.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations; ITPS. Intergovernmental Technical Panel on Soils. The role of soils in ecosystem processes. In: _____. Status of the world's soil resources. Rome, 2015, p. 13-30. (Main report).

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production systems**: guidelines for assessment (Version 1). Rome, 2017a. 170 p. (Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership).

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production systems**: guidelines for assessment (Version 1). Rome, FAO, 2019. 170 p. (Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership).

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Soil organic carbon**: the hidden potential. Rome, 2017b. 77 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/i6937en/i6937EN.pdf>>. Acesso em: 3 jul. 2019.

FARIA, A. B. DE C.; AUER, C. G.; ÂNGELO, A. C.; COSTA, E. R. O. Efeito de lodo de papel reciclado sobre o crescimento em diâmetro de colo de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1371-1377, 2016.

FARINACI, J. S.; FERREIRA, L. C.; BATISTELLA, M. Transição florestal e modernização ecológica: a eucaliptocultura para além do bem e do mal. **Ambiente e Sociedade**, v. 16, p. 25-46, 2013.

FAVARO, R. M.; ZANOL, K. M. R.; QUEIROZ, D. L. Ocorrência de *Beauveria* sp em *Glycaspis brimblecombei* Moore, 1964 (Hemiptera: Psyllidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 26., 2006, Londrina. **Resumos** [...]. Londrina: SBZ, 2006.

FELLER, C.; MANLAY, R. J.; SWIFT, M. J.; BERNOUX, M. Functions, services and value of soil organic matter for human societies and the environment: a historical perspective. In: FROSSARD, E.; BLUM, W. E. H.; WARKENTIN, B. P. (ed.). **Function of soils for human societies and the environment**. London: Geological Society, 2006. p. 9-22. (Special publications, 266).

FEREZ, A. P. C.; CAMPOE, O. C.; MENDES, J. C. T.; STAPE, J. L. Silvicultural opportunities for increasing carbon stock in restoration of Atlantic forests in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 350, p. 40-45, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.04.015>.

FERRAZ, S. F. B.; LIMA, W. de P.; RODRIGUES, C. B. Managing forest plantation landscapes for water conservation. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 58-66, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.015>.

FERREIRA, A. D.; SERRA, A. P.; LAURA, V. A.; ORTIZ, A. C. B.; ARAUJO, A. R. de; PEDRINHO, D. R.; CARVALHO, A. M. de. Influence of spatial arrangements on silvicultural characteristics of three *Eucalyptus* clones at integrated crop-livestock-forest system. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 19, p. 1734-1742, 2016.

FLORENCE, R. G. **Ecology and silviculture of eucalypt forests**. Australia: CSIRO Publishing, 2004. 403 p.

FOELKEL, C. Gestão ecoeficiente dos resíduos florestais lenhosos da eucaliptocultura. In: EUCALYPTUS Online Book & Newsletter. 2007. 48 p. Disponível em: < http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT07_residuoslenhosos.pdf >. Acesso em: 30 mar. 2019.

FORRESTER D.; BAUHUS, J.; COWIE A. L.; VANCLAY, J. K. Mixed-species plantations of *Eucalyptus* with nitrogen-fixing trees: a review. **Forest Ecology and Management**, v. 233, n. 2-3, p. 211-230. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.05.012>.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; SICHIERI, F. Integração lavoura-pecuária-floresta como estratégia para aumentar a produtividade e prover serviços ambientais no noroeste do Paraná. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 266-270.

FRANCHINI, J. C.; SICHIERI, F.; PADULLA, R.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; BALBINOT JUNIOR, A.; DEBIASI, H. Variabilidade espacial e temporal da produtividade da soja em sistema arborizado no Noroeste do Paraná. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 246-251.

FRITZSONS, E.; PARRON, L. M. Plantações florestais comerciais e a água. In: OLIVEIRA, Y. M. M.; OLIVEIRA, E. B. (ed.). **Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 110 p. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/florestas/publicacoes>>.

GABRIELLE, B.; NGUYEN, N.; MAUPU, P.; VIAL, E. Life cycle assessment of eucalyptus short rotation coppices for bioenergy production in southern France. **GCB Bioenergy**, v. 5, n. 1, p. 30-42, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcbb.12008>.

GARBACH, K.; MILDNER, J.; MONTENEGRO, M.; KARP, D.; DECLERCK, F. Biodiversity and ecosystem services in agroecosystems. **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**, v. 2, p. 21-40, 2014.

GARDNER, T. A.; BARLOW, J.; ARAUJO, I. S.; AVILA-PIRES, T. C. S.; BONALDO, A. B.; COSTA, J. E.; ESPOSITO, M. C.; FERREIRA, L. V.; HAWES, J.; HEMÁNDEZ, M. I. M.; HOOGMOED, M. S.; LEITE, R. N.; LO-MAN-HUNG, N. F.; MALCOLM, J. R.; MARTINS, M. B.; MESTRE, L. A. M.; MIRANDA-SANTOS, R.; OVERALL, W. L.; PARRY, L.; PETERS, S. L.; RIBEIRO-JUNIOR, M. A.; SILVA, M. N. F.; MOTTA, C. S.; PERES, C. A. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. **Ecology Letters**, v. 11, p. 139-150, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01133.x>.

GHALEY, B. B.; PORTER, J. R.; SANDHU, H. S. Soil-based ecosystem services: a synthesis of nutrient cycling and carbon sequestration assessment methods. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management**, v. 10, n. 3, p. 177-186, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/21513732.2014.926990>.

GMACH, M.-R.; DIAS, B. O.; SILVA, C. A.; NÓBREGA, J. C. A.; LUSTOSA-FILHO, J. F.; SIQUEIRA-NETO, M. Soil organic matter dynamics and land-use change on Oxisols in the Cerrado, Brazil. **Geoderma Regional**, v. 14, p. 1-8, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2018.e00178>.

GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; HIGO, A. R.; SILVA, L. D.; ALFENAS, A. C.; STAHL, J.; FERRAZ, S. F. B.; LIMA, W. P.; BRANCALION, P. H. S.; HUBNER, A.; BOUILLET, J-P. D.; LACLAU, J.-P.; NOUVELLON, Y.; EPRON, D. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 6-27, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.030>.

GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; ROCHA, J. H. T.; BRANDANI, C. B.; HAKAMADA, R. Eucalypt plantation management in regions with water stress. **Southern Forests**, v. 79, n. 3, p. 169-183, 2017. DOI: <https://doi.org/10.2989/20702620.2016.1255415>.

GONÇALVES, J. L. M.; SILVA, L. D.; BEHLING, M.; ALVARES, C. A. Management of industrial forest plantations. In: BORGES, J. G. (ed.). **The management of industrial forest plantations: theoretical foundations and applications**. Dordrecht: Springer Science, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-8899-1>. (Managing forest ecosystems, 33).

HAKAMADA, R. E.; STAPE, J. L.; LEMOS, C. C. Z.; ALMEIDA, A. E. A.; SILVA, L. F. Uniformidade entre árvores durante uma rotação e sua relação com a produtividade em *Eucalyptus* clonais. **Cerne**, v. 21, n. 3, p. 465-472, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201521031716>.

HALFELD-VIEIRA, B. A.; MARINHO-PRADO, J. S.; NECHET, K. L.; MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. (ed.). **Defensivos agrícolas naturais: uso e perspectivas**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 853 p.

HIGA, R. C. V.; CARDOSO, D. J.; ANDRADE, G. C.; ZANATTA, J. A.; ROSSI, L. M. B.; PULROLNIK, K.; NICODEMO, M. L. F.; GARRASTAZU, M. C.; VASCONCELOS, S. S.; SALIS, S. M. **Protocolo de medição e estimativa de biomassa e carbono** florestal. Colombo: Embrapa Florestas, 2014. 68 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 266). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1011409>.

HILGERT-MOREIRA, S. B.; NASCHER, C. A.; CALLEGARI, S. M.; BLOCHTEIN, B. Pollen resources and trophic niche breadth of *Apis mellifera* and *Melipona obscurior* (Hymenoptera, Apidae) in a subtropical climate in the Atlantic rain forest of southern Brazil. **Apidologie**, v. 45, p. 129-141, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13592-013-0234-5>.

HUNINK, J. E.; DROOGERS, P.; KAUFFMAN, S.; MWANIKI, B. M.; BOUMA, J. Quantitative simulation tools to analyze up- and downstream interactions of soil and water conservation measures: Supporting policy making in the Green Water Credits program of Kenya. **Journal of Environmental Management**, v. 111, p. 187-194, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.07.022>.

JARVIS, S.; TISDALL, J. M.; OADES, J. M.; SIX, J.; GREGORICH, E. G.; KOGEL-KNABNER, I. Landmark papers: introduction from the EIC. **European Journal of Soil Science**, v. 63, p.1-21, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2011.01408.x>.

JÓNSSON, J. O. G.; DAVÍÐSDÓTTIR, B. Classification and valuation of soil ecosystem services. **Agricultural Systems**, v. 145, p. 24-38, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2016.02.010>.

JOURDAN, C.; GERMON, A.; PRADIER, C.; GOMIDE, M.; GUERRINI, I. A.; RODRIGUES, T.; LAMBAIS, G.; ROBIN, A.; GONÇALVES, J. L. M.; HINSINGER, P.; LACLAU, J.-P. Unexpected root growth and functioning in very deep rooted eucalyptus tree plantations: ontogeny or adaptation to abiotic stresses? In: EUCALYPTUS 2018: managing eucalyptus plantation under global changes: abstracts book. Montpellier: CIRAD, IUFRO, MUSE, 2018. p. 94-95.

KARVATTE JUNIOR, N.; KLOSOWSKI, E. S.; ALMEIDA, R. G. de; MESQUITA, E. E.; OLIVEIRA, C. C. de; ALVES, F. V. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 12, p. 1933-1941, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1180-5>.

KICHEL, A. N.; COSTA, J. A. A.; ALMEIDA, R. G.; PAULINO, V. T. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF): experiências no Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 1, p. 94-105, 2014.

LACLAU, J.-P.; LEVILLAIN, J.; DELEPORTE, P.; NZILA, J. D.; BOUILLET, J.-P.; ANDRÉ, L. S.; VERSINI, A.; MARESCAL, L.; NOUVELLON, Y.; M'BOU, A. T.; RANGER, J. Organic residue mass at planting is an excellent predictor of tree growth in Eucalyptus plantations established on a sandy tropical soil. **Forest Ecology and Management**, v. 260, p. 2148-2159, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.007>.

LACLAU, J.-P.; SILVA, E. A.; LAMBAIS, G. R.; BERNOUX, M.; LE MAIRE, G.; STAPE, J. L.; BOUILLET, J.-P.; GONÇALVES, J. L. M.; JOURDAN, C.; NOUVELLON, Y. Dynamics of soil exploration by fine roots down to a depth of 10m throughout the entire rotation in Eucalyptus grandis plantations. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, article 243, p. 1-12, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2013.00243>.

LAURICHESSE, S.; AVÉROUS, L. Chemical modification of lignins: towards biobased polymers. **Progress in Polymer Science**, v. 39, n. 7, p. 1266-1290, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2013.11.004>.

LAVELLE, P.; DUGDALE, R.; SCHOLLES, R. (coord.). Nutrient cycling. In: HASSAN, R.; SCHOLLES, R.; ASH, N. (ed.). **Ecosystems and human well-being: current state and trends: findings of the Condition and Trends Working Group**. Washington, DC: Island Press, 2005. v. 1. p. 331-353. (The Millennium Ecosystem Assessment series).

LE BISSONNAIS, Y. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. **European Journal of Soil Science**, v. 67, n. 1, p. 1-21, 2016. (Special issue including landmark. Papers, 5).

LIEBHOLD, A. M.; BROCKERHOFF, E. G.; KALISZ, S.; NUNEZ, M. A.; WARDLE, D. A.; WINGFIELD, M. J. Biological invasions in forest ecosystems. **Biological Invasions**, v. 19, p. 3437-3458, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1458-5>

LIN, B. B.; PHILPOTT, S. M.; JHA, S. The future of urban agriculture and biodiversity-ecosystem services: challenges and next steps. **Basic and Applied Ecology**, v. 16, p. 189-201, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2015.01.005>.

LIN, B. B. Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change. **BioScience**, v. 61, n. 3, p. 183-193, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.3.4>.

LIN, B. B. The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 150, n. 4, p. 510-518, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.11.010>.

LOURENÇON, T. V. **Fractionation of kraft lignin and potential value-added applications**. 2018. 98 f. Thesis (Doctor degree in Forestry Engineering) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LÜTZOW, M. V.; KÖGEL-KNABNER, I.; EKSCHMITT, K.; MATZNER, E.; GUGGENBERGER, G.; MARSCHNER, B.; FLESSA, H. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions: a review. **European Journal of Soil Science**, v. 57, p. 426-445, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2006.00809.x>.

LUZ, C. F. P.; FERNANDES-SALOMÃO, T. M.; LAGE, L. G. A.; RESENDE, H. C.; TAVARES, M. G.; CAMPOS, L. A. O. Pollen sources for *Melipona capixaba* Moure and Camargo: an endangered Brazilian stingless bee. **Psyche: A Journal of Entomology**, v. 2011, p. 1-7, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1155/2011/107303>.

MACE, G.; MASUNDIRE, H.; BAILLIE, J. (coord.). Biodiversity. In: HASSAN, R.; SCHOLLES, R.; ASH, N. (ed.). **Ecosystems and human well-being**: current state and trends: findings of the Condition and Trends Working Group. Washington, DC: Island Press, 2005. v. 1. p. 77-122. (The Millennium Ecosystem Assessment series). Disponível em <https://www.millenniumassessment.org/en/Condition.html#download>, acessado em 02/07/2019.

MAEDA, S.; AHRENS, S.; PENTEADO, S. do R. C.; OLIVEIRA, E. B. de; STOLLE, L.; FOWLER, J. A. P.; BOGNOLA, I. A. Silvicultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (ed.). **Agricultura de precisão**: resultados de um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 467-477.

MAEDA, S.; SOARES, M. T. S.; GOMES, J. B. V.; BOGNOLA, I. A.; SANTOS, D. E. C. **Uso de resíduos da indústria de papel e celulose em plantios florestais**: aspectos técnicos e legais Colombo: Embrapa Florestas, 2015. (Embrapa Florestas. Documentos, 291). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1039921>>.

MARANGONI, C.; MOURA, N. F. de; GARCIA, F. R. M. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 92-112, 2012.

MARRON, N.; EPRON, D. Are mixed-tree plantations including a nitrogen-fixing species more productive than monocultures? **Forest Ecology and Management**, v. 441, p. 242-252, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.03.052>.

MCBRATNEY, A.; FIELD, D. J.; KOCH, A. The dimensions of soil security. **Geoderma**, v. 213, p. 203-213, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.08.013>.

MEA. Millenium Ecosystem Assessment. **Ecosystem and human well-being**: synthesis. Washington, DC: Island Press, 2005. 145 p.

MYHRE, G.; SHINDELL, D.; BRÉON, F.-M.; COLLINS, W.; FUGLESTVEDT, J.; HUANG, J.; KOCH, D.; LAMARQUE, J.-F.; LEE, D.; MENDOZA, B.; NAKAJIMA, T.; ROBOCK, A.; STEPHENS, G.; TAKEMURA T.; ZHANG, H. Anthropogenic and natural radiative forcing. In: STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX V.; MIDGLEY, P. M. (ed.). **Climate Change 2013**: the physical science basis. contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. p. 659-740. Disponível em <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2019.

MORAES, R. M.; CERDEIRA, A. L.; DUKE, S. O.; DAYAN, F. E.; CANTRELL, C.; QUEIROZ, S. C. N. Pesticidas naturais derivados de plantas: descoberta e usos. In: HALFELD-VIEIRA, B. de A.; MARINHO-PRADO, J. S.; NECHET, K. de L.; MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. (ed.). **Defensivos agrícolas naturais**: uso e perspectivas. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 505-541.

MORAIS, L. A. S.; MARINHO-PRADO, J. S. Plantas com atividade inseticida. In: HALFELD-VIEIRA, B. de A.; MARINHO-PRADO, J. S.; NECHET, K. de L.; MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. (ed.).

Defensivos agrícolas naturais: uso e perspectivas. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 542-593.

MURPHY, B. Key soil functional properties affected by soil organic matter - evidence from published literature. **Soil Change Matters, Earth and Environmental Science**, v. 25, p. 1-5, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/25/1/012008>.

MURPHY, B. W. **Soil organic matter and soil function: review of the literature and underlying data: effects of soil organic matter on functional soil properties.** Canberra: Department of the Environment, 2014. 155 p.

MYBURG, A. A.; GRATTAPAGLIA, D.; TUSKAN, G. A.; HELLSTEN, U.; HAYES, R. D.; GRIMWOOD, J.; JENKINS, J.; LINDQUIST, E.; BAUER, D.; GOODSTEIN, D. M.; DUBCHAK, I.; POLIAKOV, A.; MIZRACHI, E.; KULLAN, A. R. K.; HUSSEY, S. G.; PINARD, D.; MERWE, K. van der; SINGH, P.; JAARSVELD, I. van; SILVA JUNIOR, O. B.; TOGAWA, R. C.; PAPPAS, M. R.; FARIA, D. A.; SANSALONI, C. P.; PETROLI, C. D.; YANG, X.; RANJAN, P.; TSCHAPLINSKI, T. J.; YE, C.-Y.; LI, T.; STERCK, L.; VANNESTE, K.; MURAT, F.; SOLER, M.; SAN CLEMENTE, H.; SAIDI, N.; CASSAN-WANG, H.; DUNAND, C.; HEFER, C. A.; BORNBERG-BAUER, E.; KERSTING, A. R.; VINING, K.; AMARASINGHE, V.; RANIK, M.; NAITHANI, S.; ELSER, J.; BOYD, A. E.; LISTON, A.; SPATAFORA, J. W.; DHARMWARDHANA, P.; RAJA, R.; SULLIVAN, C.; ROMANEL, E.; ALVES-FERREIRA, M.; KULHEIM, C.; FOLEY, W.; CAROCHA, V.; PAIVA, J.; KUDRNA, D.; BROMMONSCHENKEL, S. H.; PASQUALI, G.; BYRNE, M.; RIGAULT, P.; SPOKEVICIUS, A.; JONES, R. C.; STEANE, D. A.; VAILLANCOURT, R. E.; POTTS, B. M.; JOUBERT, F.; BARRY, K.; PAPPAS JUNIOR, G. J.; STRAUSS, S. H.; JAISWAL, P.; GRIMA-PETTENATI, J.; SALSE, J.; PEER, Y. van de; ROKHSAR, D. S.; SCHMUTZ, J. The genome of *Eucalyptus grandis*. **Nature**, v. 510, p. 356-362, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature13308>.

NASCIMENTO, D. M.; CAVALIERI-POLIZELI, K. M. V.; SILVA, A. H.; FAVARETTO, N.; PARRON, L. M. Soil physical quality under long-term integrated agricultural production systems. **Soil & Tillage Research**, v. 186, p. 292-299, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.08.016>.

NOVAES, R. M. L.; PAZIANOTTO, R. A.; BRANDÃO, M.; ALVES, B. J. R.; MAY, A.; FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S. Estimating 20-year land use change and derived CO₂ emissions associated to crops, pasture and forestry in Brazil and each of its 27 states. **Global Change Biology**, v. 211, p. 1-13, 2017.

NOVOTNY, E. H.; MAIA, C. M. B. F.; CARVALHO, M. T. M.; MADARI, B. E. Biochar: pyrogenic carbon for agricultural use: a critical review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 321-344, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140818>.

NYLAND, R. D.; KENEFIC, L. S.; BOHN, K. K.; STOUT, S. L. **Silviculture: concepts and applications.** 3rd.ed. Illinois: Waveland, 2016. 680 p.

O'BRIEN, S. L.; JASTROW, J. D. Physical and chemical protection in hierarchical soil aggregates regulates soil carbon and nitrogen recovery in restored perennial grasslands. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 61, p. 1-13, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.01.031>.

OADES, J. M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. **Plant and Soil**, v. 76, p. 319-337, 1984.

OADES, J. M. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. **Geoderma**, v. 56, p. 377-400, 1993.

OLIVEIRA, A. H.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; AVANZI, J. C.; KLINKE NETO, G.; ARAÚJO, E. F. Water erosion in soils under eucalyptus forest as affected by development stages and management systems. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 2, p. 159-169, 2013.

OLIVEIRA, C. C.; ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G.; GAMARRA, É. L.; VILLELA, S. D. J.; MARTINS, P. G.; MACEDO A. Thermal comfort indices assessed in integrated production systems in the Brazilian savannah. **Agroforestry Systems**, v. 1, p. 1572-9680, 2017.

OLIVEIRA, E. B.; CARDOSO, D. J.; FRANCISCON, L. Silvicultura de precisão em unidades de manejo de plantações florestais. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. p.478-483. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

OLIVEIRA, F. C. C.; SILVA, I. R.; FERREIRA, G. W. D.; SOARES, E. M. B. S.; SILVA, S. R.; SILVA, E. F. Contribution of Eucalyptus harvest residues and nitrogen fertilization to carbon stabilization in Ultisols of southern Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, e0160340, 2018.

OLIVEIRA, L. E. C.; BERKES, F. What value São Pedro's procession? Ecosystem services from local people's perceptions. **Ecological Economics**, v. 107, p. 114-121, 2014. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.08.008>.

OLIVER, T. H.; HEARD, M. S.; ISAAC, N. J. B.; ROY, D. B.; PROCTER, D.; EIGENBROD, F.; FRECKLETON, R.; HECTOR, A.; ORME, C. D. L.; PETCHEY, O. L.; PROENÇA, V.; RAFFAELLI, D.; SUTTLE, K. B.; MACE, G. M.; MARTÍN-LÓPEZ, B.; WOODCOCK, B. A.; BULLOCK, J. M. Biodiversity and resilience of ecosystem functions. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, p. 673-684, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.08.009>.

OTTO, M. S. G.; HUBBARD, R. M.; BINKLEY, D.; STAPE, J. L. Dominant clonal *Eucalyptus grandis* *urophylla* trees use water more efficiently. **Forest Ecology and Management**, v. 328, p. 117-121, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05.032>.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; PIRES, M. F. A. Desempenho de novilhas leiteiras em pastagem solteira ou em sistema silvipastoril constituído por *Eucalyptus grandis* e leguminosas arbóreas. In: CONGRESSO NACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES, 1., 2009, Posadas, Misiones, Argentina. **Anais** [...]. Posadas, Misiones: INTA, 2009. p. 297-301.

PÁDUA, J. G. Conservation of crop genetic resources in Brazil in the context of the target 9 of the Global Strategy for Plant Conservation. **Rodriguésia**, v. 69, n. 4, p. 1557-1565, 2018.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129911/1/Lucilia-LivroServicosAmbientais-Cap1.pdf>>.

PASSOS, M. C.; OLIVEIRA, A. D.; RIBEIRO, F. C.; LIMA, A. S.; SILVA, F. R. C.; MENDONÇA, S. R. L. Emissão de óxido nitroso em latossolo sob cultivos de eucalipto e vegetação de Cerrado. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 20.; CONGRESO PERUANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 16., 2014, Cusco. **Educar para preservar el suelo y conservar la vida en la tierra**. Cusco: Centro de Convenciones de la Municipalidad del Cusco, 2014. Pendrive.

- PAYN, T.; CARNUS, J. M.; SMITH, P. F.; KIMBERLEY, M.; KOLLERT, W.; LIU, S.; ORAZIO, C.; RODRIGUEZ, L.; SILVA, L. N.; WINGFIELD, M. J. Changes in planted forests and future global implications. **Forest Ecology and Management**, v. 352, p. 57-67, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.021>.
- PEREIRA, A. I. A.; TAVARES, W. S.; FREITAS, S. S.; MAFEZOLI, J.; JESUS, F. G.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Busca por inseticidas botânicos no Cerrado: um argumento para a conservação do bioma e a importância da Faveira (*Dimorphandra mollis* Benth., Fabaceae) neste contexto. In: HALFELD-VIEIRA, B. A.; MARINHO-PRADO, J. S.; NECHET, K. L.; MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. (ed.). **Defensivos agrícolas naturais: uso e perspectivas**. Brasília, DF: Embrapa, 2016b. Cap 22. p. 635-743.
- PEREIRA, A. P. A.; DURRER, A.; GUMIERE, T.; GONÇALVES, J. L. M.; ROBIN, A.; BOUILLET, J.-P.; WANG, J.; VERMA, J. P.; SINGH, B. K.; CARDOSO, E. J. B. N. Mixed *Eucalyptus* plantations induce changes in microbial communities and increase biological functions in the soil and litter layers. **Forest Ecology and Management**, v. 433, p. 332-342, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.018>.
- PEREIRA, A. P. A.; SANTANA, M. C.; BONFIM, J. A.; MESCOLOTTI, D. L.; CARDOSO, E. J. B. N. Digging deeper to study the distribution of mycorrhizal arbuscular fungi along the soil profile in pure and mixed *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* plantations. **Applied Soil Ecology**, v. 128, p. 1-11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.03.015>.
- PEREIRA, M. A.; BUNGENSTAB, D. J.; MAURO, R. A.; QUEIROZ, H. P. **Monitoramento das mudanças no uso do solo em pequenas e médias propriedades de pecuária de corte: um estudo de caso para recomendações técnicas à Área de Proteção Ambiental do Córrego Ceroula, MS**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2016a. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 226).
- PINHEIRO, R. C.; DEUS JUNIOR, J. C.; NOUVELLON, Y.; CAMPOE, O. C.; STAPE, J. L.; ALÓ, L. L.; GUERRINI, I. A.; JOURDAN, C.; LACLAU, J.-P. A fast exploration of very deep soil layers by *Eucalyptus* seedlings and clones in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 366, p. 143-152, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.02.012>.
- POMPEO, P. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; SANTOS, M. A. B.; MAFRA, A. L.; KLAUBERG FILHO, O.; BARRETA, D. Morphological diversity of coleoptera (Arthropoda: Insecta) in agriculture and forest systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1-15, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcS20160433>.
- POWLSON, D. S.; GREGORY, P. J.; WHALLEY, W. R.; QUINTON, J. N.; HOPKINS, D. W.; WHITMORE, A. P.; HIRSCH, P. R.; GOULDING, K. W. T. Soil management in relation to sustainable agriculture and ecosystem services. **Food Policy**, v. 36, p. S72-S87, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.11.025>.
- PREVEDELLO, J.; VOGELMANN, E. S.; KAISER, D. R.; FONTANELA, E.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Agregação e matéria orgânica de um argissolo sob diferentes preparos do solo para plantio de Eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 78, p. 149-158, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4336/2014.pfb.34.78.456>.
- QUEIROZ, D. L.; ANJOS, N.; QUEIROZ, E. C. **Surto de *Ctenarytaina spatulata* (Hemiptera: Psyllidae) sobre *Eucalyptus urophylla* x *grandis* em Ventania no Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2012a. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 304). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/931318>>.

QUEIROZ, D. L.; BURCKHARDT, D. Introduced *Eucalyptus* psyllids in Brazil. **Journal of Forest Research**, v. 12, p. 337-344, 2007.

QUEIROZ, D. L.; BURCKHARDT, D.; MAJER, J. Integrated Pest Management of Eucalypt Psyllids (Insecta, Hemiptera, Psylloidea). In: LARRAMENDY, M. L.; SOLONESKI, S. (org.). **Integrated pest management and pest control: current and future tactics**. Rijeka, Croatia: InTech - Open Access Publisher, 2012b. p. 385-412.

QUEIROZ, D. L.; CAMARGO, J. M. M.; DEDECEK, R. A.; OLIVEIRA, E. B.; ZANOL, K. M. R.; MELIDO, R. C. N.; BURCKHARDT, D. Effect of silicon application to *Eucalyptus camaldulensis* on the population of *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Aphalaridae). **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, p. 85-94, 2016.

QUEIROZ, D. L.; MAJER, J.; BURCKHARDT, D.; ZANETTI, R.; FERNANDEZ, J. R. F.; QUEIROZ, E. C.; GARRASTAZU, M.; FERNANDES, B. V.; ANJOS, N. Predicting the geographical distribution of *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Psylloidea) in Brazil. **Australian Journal of Entomology**, v. 1, p. 20-30, 2013.

QUEIROZ, D. L.; SA, L. A. N. ; COSTA, V. A. ; NESER, S. ; BURCKHARDT, D. The parasitoid *Psyllaephagus blastopsyllae* as control agent of *Blastopsylla occidentalis* in eucalypt plantations in Brazil. In: IUFRO WORKING PARTY 7.02.13 MEETING, 1., 2018, Punta del Este. **Improving forest health on commercial plantations: book of abstracts**. [S.l.]: IUFRO, [2018]. p. 44.

QUEIROZ, D. L. de; TAVARES, W. de S.; ARAUJO, C. R. de; BURCKHARDT, D. New country, Brazilian states and host records of the eucalypt shoot psyllid *Blastopsylla occidentalis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, e201701533, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4336/2018.pfb.38e201701533>.

QUEIROZ, D. L.; ZANOL, K. M. R.; BOTOSSO, P. P. C.; MATTOS, P. P. Danos causadas por *Ctenarytaina spatulata* Taylor, 1977 (Hemiptera: Psyllidae) em *Eucalyptus grandis* Hill. Ex Maiden. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 50, p. 11-24, 2005.

QUEIROZ, D. L.; ZANOL, K. M. R.; OLIVEIRA, E. B.; ANJOS, N.; MAJER, J. Feeding and oviposition preferences of *Ctenarytaina spatulata* Taylor (Hemiptera: Psyllidae) on *Eucalyptus* spp and other Myrtaceae growing in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, p. 149-153, 2010.

RESENDE, M. D. V.; RESENDE, M. F. R.; SANSALONI, C. P.; PETROLI, C. D.; MISSIAGGIA, A. A.; AGUIAR, A. M.; ABAD, J. M.; TAKAHASHI, E. K.; ROSADO, A. M.; FARIA, D. A.; PAPPAS, G. J.; KILIAN, A.; GRATTAPAGLIA, D. **Genomic selection for growth and wood quality in *Eucalyptus*: capturing the missing heritability and accelerating breeding for complex traits in forest trees**. **New Phytologist**, v. 194, p. 116-128, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.04038.x>.

RESENDE, R. T.; SOARES, A. A. V.; FORRESTER, D. I.; MARCATTI, G. E.; SANTOS, A. R.; TAKAHASHI, E. K.; SILVA, F. F.; GRATTAPAGLIA, D.; RESENDE, M. D. V.; LEITE, H. G. Environmental uniformity, site quality and tree competition interact to determine stand productivity of clonal *Eucalyptus*. **Forest Ecology and Management**, v. 410, p. 76-83, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.12.038>.

REZENDE, F. A.; SANTOS, V. A. H. F.; MAIA, C. M. B. F.; MORALES, M. M. Biochar in substrate composition for production of teak seedlings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1449-1456, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900043>.

RIBASKI, J. Desempenho de espécies de *Eucalyptus* para uso em sistemas de integração floresta-pecuária no bioma Pampa. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, e201801638, 2018. 9 p. DOI: <https://doi.org/10.4336/2018.pfb.38e201801638>.

RIEGER, F. A.; ZOLIN, C. A.; PAULINO, J.; SOUZA, A. P.; MATOS, E. S.; MAGALHAES, C. A. S.; FARIAS NETO, A. L. Water erosion on an oxisol under integrated crop-forest systems in a transitional area between the Amazon and Cerrado Biomes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1-12, 2016.

ROBINSON, D. A.; FRASER, I.; DOMINATI, E. J.; DAVÍÐSDÓTTIR, B.; JÓNSSON, J. O. G.; JONES, L.; JONES, S. B.; TULLER, M. LEBRON, I.; BRISTOW, K. L.; SOUZA, D. M.; BANWART, S.; CLOTIER, B. E. On the value of soil resources in the context of natural capital and ecosystem service delivery. **Soil Science Society America Journal**, v. 78, p. 685-700, 2014. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2014.01.0017>.

ROCHA, J. H. T.; GONÇALVES, J. L. M.; BRANDANI, C. B.; FERRAZ, A. V.; FRANCI, A. F.; MARQUES, E. R. G.; ARTHUR JUNIOR, J. C.; HUBNER, A. Forest residue removal decreases soil quality and affects wood productivity even with high rates of fertilizer application. **Forest Ecology and Management**, v. 430, p. 188-195, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.010>.

RODRIGUES, R. de A. R.; ALVES, B. J. R.; MOMBACH, M. A.; ZANATTA, J. A. Medição de fluxos de gases de efeito estufa e de variáveis acessórias. In: MENDONÇA, E. de S.; MATOS, E. da S. (ed.). **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. 2. ed. rev. atual. Viçosa, MG: UFV, Gefert, 2017. p. 171-214.

RONQUIM, C. C.; SILVA, R. F. B.; FIGUEIREDO, E. B.; BORDONA, R. O.; TEIXEIRA, A. H. C.; COCHASRKI, T. C. D.; LEIVAS, J. F. Carbon sequestration associated to the land-use and land-cover changes in the forestry sector in Southern Brazil. **Proceedings of SPIE: International Society for Optical Engineering**, v. 9998, p. 99981T-1- 99981T-14, 2016.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENCO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 70-79, 2014.

SANTAROSA, E.; PENTEADO JÚNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. R. **Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 138 p. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1010933>>.

SANTOS, F. M.; BALIEIRO, F.; FONTES, M. A.; CHAER, G. M. Understanding the enhanced litter decomposition of mixed-species plantations of *Eucalyptus* and *Acacia mangium*. **Plant Soil**, v. 423, p.141-155, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3491-7>.

SANTOS, F. M.; CHAER, G. M.; DINIZ, A. R.; BALIEIRO, F. C. Nutrient cycling over five years of mixed-species plantations of *Eucalyptus* and *Acacia* on a sandy tropical soil. **Forest Ecology and Management**, v. 384, p. 110-121, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.041>.

SATO, J. H.; FIGUEIREDO, C. C.; MARCHÃO, R. L.; OLIVEIRA, A. D.; VILELA, L.; DELVICO, F. M.; ALVES, B. J. R.; CARVALHO, A. M. Understanding the relations between soil organic matter fractions and N₂ O emissions in a long-term integrated crop-livestock system. **European Journal of Soil Science**, v. 4, p. 1-14, 2019.

SCHMIDT, M. W. I.; TOM, M. S.; ABIVEN, S.; DITTMAR, T.; GUGGENBERGER, G.; JANSSENS, I. A.; KLEBER, M.; KÖGEL-KNABNER, I.; LEHMANN, J.; MANNING, D. A. C.; NANNIPIERI, P.; RASSE, D. P.; WEINER, S.; TRUMBORE, S. E. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, v. 478, p. 49-56, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/nature10386>.

SCHORR, D.; DIOUF, P. N.; STEVANOVIC, T. Evaluation of industrial lignins for biocomposites production. *Industrial Crops and Products*, v. 52, p. 65-73, 2014.

SCHWILCH, G.; BERNET, L.; CLARINGBOULD, H.; FLESKENS, L.; GIANNAKIS, E.; LEVENTON, J.; MARAÑÓN, T.; MILLS, J.; SHORT, C.; STOLTE, J.; VAN DELDEN, H.; VERZANDVOORT, S. Soil functions and ecosystem services. In: STOLTE, J.; TESFAL, M.; OYGARDEN, L.; KVAERNO, S.; KEIZER, J. (ed.). **Soil threats in Europe**: status, methods, drivers and effects on ecosystem services. [S.l.]: European Commission DG Joint Research Centre, 2016a. p. 156-172. (JRC Technical Reports).

SCHWILCH, G.; BERNET, L.; FLESKENS, L.; GIANNAKIS, E.; LEVENTON, J.; MARAÑÓN, T.; MILLS, J.; SHORT, C.; STOLTE, J.; VAN DELDEN, H.; VERZANDVOORT, S. Operationalizing ecosystem services for the mitigation of soil threats: a proposed framework. *Ecological Indicators*, v. 67, p. 586-597, 2016b. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.016>.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Boletim SNIF 2017**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Serviço Florestal Brasileiro, [2018]. 31 p. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/3230-boletim-snif-2017-ed1-final/file>>. Acesso em: 26 mar. 2020.

SHVIDENKO, A.; BARBER, C. V.; PERSSON, R. (Coord.). Forest and woodland systems. In: HASSAN, R.; SCHOLES, R.; ASH, N. (ed.). **Ecosystems and human well-being**: current state and trends: findings of the Condition and Trends Working Group. Washington, DC: Island Press, 2005. p. 585-621. (The Millennium Ecosystem Assessment series). Disponível em <<https://www.millenniumassessment.org/en/Condition.html#download>>. Acesso em: 2 jul. 2019.

SILVA, A. H.; FAVARETTO, N.; CAVALIERI, K. M. V.; DIECKOW, J.; VEZZANI, F. M.; PARRON, L. M.; CHEROBIM, V. F.; MARIOTI, J.; FERRARI NETO, H. Atributos físicos do solo e escoamento superficial como indicadores de serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (org.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 71-83. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1024321>>.

SILVA, B. P. C.; SILVA, M. L. N.; BATISTA, P. V. G.; PONTES, L. M.; ARAÚJO, E. F.; CURI, N. Soil and water losses in eucalyptus plantation and natural forest and determination of the USLE factors at a pilot sub-basin in Rio Grande do Sul, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 40, n. 4, p. 432-442, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542016404013216>.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de planta na formação e estabilização de agregados do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 21, n. 1, p. 113-117, 1997a.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 21, n. 2, p. 313-319, 1997b.

SILVA, J. J. N.; MELLO, W. Z.; RODRIGUES, R. A. R.; ALVES, B. J. R.; SOUZA, P. A.; CONCEIÇÃO, M. C. G. Nitrogen cycling in tropical forests and eucalyptus plantations in Brazil in the Anthropocene. *Revista Virtual de Química*, v. 10, p. 1792-1808, 2018.

- SILVA, L. G.; MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; FERNANDES, M. F.; MELO, J. T.; KATO, E. Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 613-620, 2009.
- SILVA, L. N.; FREERSMITH, P.; MADSEN, P. Production, restoration, mitigation: a new generation of plantations. **New Forests**, v. 50, p. 153-168, 2019a. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-018-9644-6>.
- SILVA, M. A.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; OLIVEIRA, A. H.; AVANZI, J. C.; NORTON, L. D. Water erosion risk prediction in eucalyptus plantations. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 160-172, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200007>.
- SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; LIBARDI, P. L.; GONÇALVES, A. N. Fertilizer management of eucalypt plantations on sandy soil in Brazil: Initial growth and nutrient cycling. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 67-78, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.033>.
- SILVA, R. F. B.; BATISTELLA, M.; PALMIERI, R.; DOU, Y.; MILLINGTON, J. D. A. Eco-certification protocols as mechanisms to foster sustainable environmental practices in telecoupled systems. **Forest Policy and Economics**, v. 105, p. 52-63, 2019b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.05.016>.
- SIQUEIRA, G. L. de A. de; LAZZAROTTO, M.; FERNANDES, M.; SILVEIRA, A. C. da; LAZZAROTTO, S. R. da S.; CARVALHO FILHO, M. A. da S.; LACERDA, L. G.; QUEIROZ, D. L. de; MIGUEL, O. G. Thermoanalytical evaluation of essential oils of the leaves from *Eucalyptus* spp susceptible and resistant to *Glycaspis brimblecombei*. **Brazilian Journal of Thermal Analysis**, v. 5, n. 1, 2016. 6 p.
- SOARES, A. A. V.; LEITE, H. G.; SOUZA, A. L.; SILVA, S. R.; LOURENÇO, H. M.; FORRESTER, D. I. Increasing stand structural heterogeneity reduces productivity in Brazilian *Eucalyptus* monoclonal stands. **Forest Ecology and Management**, v. 373, p. 26-32, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2016.04.035>.
- SOARES, E. M. B.; SILVA, I. R.; BARROS, N. F.; TEIXEIRA, R. S.; FONSECA, S.; VASCONCELOS, A. A.; SOUZA, R. N. Soil organic matter fractions under second-rotation eucalyptus plantations in eastern Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v. 41, n. 1, p. 1-11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-90882017000100007>.
- SOLIMAN, E. P.; CASTRO, B. M. C.; WILCKEN, C. F.; FIRMINO, A. C.; DAL-POGETTO, M. H. F. A.; BARBOSA, L. R.; ZANUNCIO, J. C. Susceptibility of *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae), a *Eucalyptus* pest, to entomopathogenic fungi. **Scientia Agricola**, v. 76, p. 255-260, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2017-0043>.
- SOUCHIE, F. F.; MARIMON JUNIOR, B. H.; PETTER, F. A.; MADARI, B. E.; MARIMON, B. S.; LENZA, E. Carvão pirogênico como condicionante substrato de mudas de *Tachigali vulgaris* L. G. Silva & H. C. Lima. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 811-821, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/198050984526>.
- SOUZA, W.; BARBOSA, O. R.; MARQUES, J. A. Behavior of beef cattle in silvipastoral systems with *Eucalyptus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 677-684, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000300029>.
- SPINELLI-ARAUJO, L.; GREGO, C. R.; BOLFE, E. L. Dados geoespaciais e socioeconômicos na análise da dinâmica florestal em São Paulo. **Engenharia na Agricultura**, v. 23, p. 29-38, 2015.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E. N.; SILVA, C. R.; SILVA, S. R.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, J. M. D. A.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H. B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C.; AZEVEDO, M. R. The Brazil eucalyptus potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 1684-1694, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.01.012>.

STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, G. P. K. Efeito estimulante do óleo essencial de eucalipto na germinação e crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 199, 2010. DOI: <https://doi.org/10.4336/2010.pfb.30.63.199>.

STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX V.; MIDGLEY, P. M. (ed.). **Climate Change 2013: the physical science basis. contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 1535 p. Disponível em <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2019.

STOPPELLI, I. M. B. S.; MAGALHÃES, C. P. Saúde e segurança alimentar: a questão dos agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, p. 91-100, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232005000500012>.

TAN, B.; GRATAPAGLIA, D.; WU, H. X.; INGVARSSON, P. K. Genomic relationships reveal significant dominance effects for growth in hybrid *Eucalyptus*. **Plant Science**, v. 267, p. 84-93, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2017.11.011>.

TAVARES, A.; BEIROZ, W.; FIALHO, A.; FRAZÃO, F.; MACEDO, R.; LOUZADA, J.; AUDINO, L. Eucalyptus plantations as hybrid ecosystems: implications for species conservation in the Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 433, p. 131-139, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.063>.

TEIXEIRA, A. H. C.; LEIVAS, J. F.; RONQUIM, C. C.; GARCON, E. A. M.; BAYMA-SILVA, G. Water and vegetation indices by using MODIS products for eucalyptus, pasture and natural ecosystems in the eastern São Paulo state, Southeast Brazil. **Proceedings of Spie, the International Society for Optical Engineering**, v. 10421, p. 1042112-1-1042112-12, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2277930>.

TENGBERG, A.; FREDHOLM, S.; ELIASSON, I.; KNEZ, I.; SALTZMAN, K.; WETTERBERG, O. Cultural ecosystem services provided by landscapes: assessment of heritage values and identity. **Ecosystem Services**, v. 2, p.14-26, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.006>.

TEOH, S. H. S.; SYMES, W. S.; SUN, H.; PIENKOWSKI, T.; CARRASCO, L. R. A global meta-analysis of the economic values of provisioning and cultural ecosystem services. **Science of the Total Environment**, v. 649, p. 1293-1298, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.422>.

THOMPSON, I. D.; OKABE, K.; PARROTTA, J. A.; BROCKERHOFF, H. J.; FORRESTER, D. I.; TAKI, H. Biodiversity and ecosystem services: lessons from nature to improve management of planted forests for REDD-plus. **Biodiversity and Conservation**, v. 23, p. 2613-2635, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-014-0736-0>.

TITO, M. R.; LEÓN, M., C.; PORRO, R. **Guia para determinação de carbono em pequenas propriedades rurais**. Belém: ICRAF, 2009. 81 p. (Manual técnico, 11).

- TOLEDO, F. H. S. F.; VENTURIN, N.; CARLOS, L.; B. A. S. D.; VENTURIN, R. P. V.; MACEDO, R. L. G. Composto de resíduos da fabricação de papel e celulose na produção de mudas de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 7, p. 711-716, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929>.
- TRAZZI, P. A.; HIGA, A. R.; DIECKOW, J.; MANGRICH, A. S.; HIGA, R. C. V. Biocarvão: realidade e potencial de uso no meio florestal. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 875-887, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509832128>.
- UEOKA, K. D. S. **Balanco de carbono das indústrias de celulose e papel do Brasil**. 2008. 28 f. Monografia (Curso de Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. **Measurements for estimation of carbon stocks in afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism: a field manual**. Bonn: United Nations Climate Change Secretariat, 2015. 70. Disponível em: www.unfccc.int.
- VERSINI, A.; LACLAU, J.-P.; MARESCHAL, L.; PLASSARD, C.; DIAMESSO, L.A.; RANGER, J.; ZELLER, B. Nitrogen dynamics within and between decomposing leaves, bark and branches in *Eucalyptus* planted forests. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 101, p. 55-64, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.06.034>.
- VIEIRA JÚNIOR, N. A.; SILVA, M. A. A. E.; CARAMORI, P. H.; NITSCHKE, P. R.; CORREA, K. A. B.; ALVES, D. S. Temperature, thermal comfort, and animal ingestion behavior in a silvopastoral system. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, p. 403-416, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n1p403>.
- VIHERVAARA, P.; MARJOKORPI, A.; KUMPULA, T.; WALLS, M.; KAMPPINEN, M. Ecosystem services of fast-growing tree plantations: a case study on integrating social valuations with land-use changes in Uruguay. **Forest Policy and Economics**, v. 14, p. 58-68, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2011.08.008>.
- VIRMOND, E.; ROCHA, J. D.; MOREIRA, R. F. P. M.; JOSÉ, H. J. Valorization of agroindustrial solid residues and residues from biofuel production chains by thermochemical conversion: a review, citing Brazil as a case study. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 30, n. 2, p. 197-229, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-66322013000200001>.
- VOIGTLAENDER, M.; BRANDANI, C. B.; CALDEIRA, D. R. M.; TARDY, F.; BOUILLET, J.-P.; GONÇALVES, J. L. M.; MOREIRA, M. Z.; LEITE, F. P.; BRUNET, D.; PAULA, R. R.; LACLAU, J.-P. Nitrogen cycling in monospecific and mixed-species plantations of *Acacia mangium* and *Eucalyptus* at 4 sites in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 436, p. 56-67, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.12.055>.
- WICHERT, M. C. P.; ALVARES, C. A.; ARTHUR JUNIOR, J. C.; STAPE, J. L. Site preparation, initial growth and soil erosion in *Eucalyptus grandis* plantations on steep terrain. **Scientia Forestalis**, v. 46, n. 117, p. 17-30, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18671/scifor.v46n117.02>.
- WREGGE, M. S.; FRITZSONS, E.; SOARES, M. T. S.; SOUSA, V. A. Variáveis climáticas relacionadas aos serviços ambientais: estudo de caso da araucária. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. DE; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (org.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 242-247. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1024509>.

XAVIER, F. A. S.; MENDONÇA, E. S. Agroforestry for recovering soil organic matter: a Brazilian perspective. **Dynamic Soil, Dynamic Plant**, v. 5, nesp. 1, p. 45-52, 2011.

ZAGATTO, M. R. G.; NIVA, C. C.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SANTOS, A.; NADOLNY, H.; CARDOSO, G. B. X.; BROWN, G. G. Soil invertebrates in different land use systems: how integrated production systems and seasonality affect soil mesofauna communities. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 7, p. 158-169, 2017. DOI: <https://doi.org/10.17265/2161-6264/2017.03.002>.

ZAGATTO, M. R. G.; PEREIRA, A. P. A.; SOUZA, A. J.; PEREIRA, R. F.; BALDESIN, L. F.; PEREIRA, C. M.; LOPES, R. V.; CARDOSO, E. J. B. N. Interactions between mesofauna, microbiological and chemical soil attributes in pure and intercropped *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 433, p. 240-247, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.008>.

ZALESNY JUNIOR, R. S.; STANTURF, J. A.; GARDINER, E. S.; PERDUE, J. H.; YOUNG, T. M.; COYLE, D. R.; HEADLEE, W. L.; BAÑUELOS, G. S.; HASS, A. Ecosystem services of woody crop production systems. **Bioenergy Research**, v. 9, p. 465-491, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12155-016-9737-z>.

ZANATTA, J. A.; ALVES, B. J. R.; BAYER, C.; TOMAZI, M.; FERNANDES, A. H. B. M.; COSTA, F. de S.; CARVALHO, A. M. **Protocolo para medição de fluxos de gases de efeito estufa do solo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2014. 53 p. (Embrapa Florestas. Documentos,). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1014351>>.

ZANONI, P. R. S.; MAGALHÃES, W. L. E.; HELM, C. V.; LIMA, E. A.; TAVARES, L. B. B.; KESTUR, S. G. Review of ethanol production based on paper sludge: processes and prospects. **Environmental Engineering and Management Journal**, v. 16, p. 1227-1248, 2017.

Apêndice 1

Lista de projetos da Embrapa, obtidas na base de dados Quaesta (1993-2018).

Título do projeto	Sigla	Unidade líder	Serviços ecossistêmicos abordados no projeto
Ações de P&D para cadeias produtivas locais (APLs) de base florestal na pequena e média propriedade rural no norte-noroeste do Rio Grande do Sul.	Florestchê	CNPF	Produção de fibras.
Agricultura de Precisão (AP) para sustentabilidade do sistema produtivo agrícola, pecuário e florestal brasileiro.	AP3	CNPDIA	Produção de fibras.
Ambiência e Produtividade de Bovinos de Corte sob Sistemas de Integração no Cerrado visando Bem Estar e Sustentabilidade da Produção Pecuária frente às Mudanças Climáticas.	Ambiclima	CNPGC	Produção de fibras, regulação do clima.
Análise da distribuição geoespacial e de aspectos ambientais da eucaliptocultura na bacia do Rio Paraíba do Sul.	Geovale	CNPM	Produção de fibras, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, sequestro de gees e armazenamento de carbono, produção de água, conservação de biodiversidade.
Aplicação de biochar em cultivos florestais fase II - incremento em aspectos de qualidade do solo e no crescimento das árvores.	PFCSC	CPAMT	Prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, sequestro de gees e armazenamento de carbono.
Aproveitamento do Potencial de Ligninas para a Obtenção de Produtos Químicos Renováveis.	Lignorenov	CNPAE	Controle de resíduos.
Aumento da oferta de matéria-prima de base florestal sustentável para o desenvolvimento sócio-econômico da região do Araripe.	Base Florestal	CPATSA	Produção de fibras, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo.
Avaliação da eficácia de extratos a base de eucalipto no controle de nematódeos gastrintestinais de ovinos.	AgroEuca	CPPSE	Medicinais.

Continua...

Título do projeto	Sigla	Unidade líder	Serviços ecossistêmicos abordados no projeto
Avaliação da eficácia de vermífugos a base de óleo essencial de eucalipto no controle de nematódeos gastrintestinais de pequenos ruminantes no município de Sobral, CE.	OEECNPR	CNPC	Controle biológico, recursos medicinais.
Avaliação da sustentabilidade e planejamento ambiental em propriedade do setor silvicultural.	Silvsust	CNPM	Conservação de biodiversidade.
Avaliação de clones de eucaliptos e espaçamentos para a implantação de sistemas silvipastoris em Mato Grosso do Sul: produção pecuária e de madeira.	Nelderfundect	CNPGC	Regulação climática, produção de fibras.
Avaliação de espécies nativas jovens manejadas em distintos arranjos com eucalipto em área de reserva legal e com fertilização química e controle químico herbáceo em área de preservação permanente.	Treegrowth	CNPGC	Conservação de biodiversidade, produção de fibras.
Avaliação de genótipos de eucaliptos e espaçamentos para a implantação de sistemas silvipastoris: produção pecuária e de madeira.	NELDERCNPQ	CNPGC	Regulação climática, produção de fibras.
Avaliação de indicadores e valoração de serviços ambientais em diferentes sistemas de uso da terra.	ServiAmbi	CNPF	Produção de fibras, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, regulação do clima, conservação de biodiversidade, sequestro de gees e armazenamento de carbono, provisão de água.
Avaliação de lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel como insumo florestal.	recicla	CNPF	Aproveitamento de resíduos.
Avaliação de métodos alternativos de controle da mosca-dos-chifres.	ControleMDC	CPAP	Controle biológico.
Avaliação de sistemas silvibananeiros para o norte do Mato Grosso.	Silvban	CNPMF	Produção de fibras, controle biológico, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, sequestro de gees e armazenamento de carbono.

Continua...

Título do projeto	Sigla	Unidade líder	Serviços ecossistêmicos abordados no projeto
Avaliação do crescimento e da nutrição do dendzezeiro (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) em sistemas agroflorestais.	Safende	CPAA	Prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, sequestro de gees e armazenamento de carbono, conservação de biodiversidade.
Avaliação do potencial da cinza de biomassa de madeira e da lama de cal como insumo florestal - Fase 2.	Irani	CNPF	Prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo.
Avaliação do potencial da cinza de biomassa de madeira e da lama de cal como insumo para o plantio florestal.	Irani cal	CNPF	Prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo.
Avaliação econômica de tecnologias para mitigação de emissões de GEE em sistemas florestais.	GEE Floresta	CNPTIA	Sequestro de gees e armazenamento de carbono.
Avanços tecnológicos na produção de bio-óleo, gás de síntese, hidrogênio e etanol a partir de biomassa florestal.	Bioóleo	CNPAE	Produção de fibras.
Banco de germoplasma do cavalo lavradeiro de roraima.		Cenargen, Embrapa Roraima	Produção de fibras.
Biochar em solos sob plantio de eucalipto: aspectos agrônomicos e ambientais.	Biolypatus	CNPF	Produção de fibras, fertilidade do solo, sequestro de gees e armazenamento de carbono.
Biodiversidade faunística, regeneração arbórea e análise espacial em propriedade silvicultural e seu entorno.	Biobrotas	CNPM	Conservação de biodiversidade.
Biologia de <i>Thaumatococcus pinnatus</i> Carpinheiro e Dellapé 2006 (Hemiptera: <i>Thaumatocoridae</i>) em diferentes temperaturas e genótipos de <i>Eucalyptus</i> spp..	BioPercevejo	CNPF	Controle biológico.
Cenários Agrícolas Futuros para Essências Florestais.	Scaf_Flor	CNPF	Produção de fibras, regulação climática.
Cleruchoides noackae no controle biológico de <i>Thaumatococcus pinnatus</i> : ênfase na criação massal e monitoramento da eficiência no campo.	Biocontrol-Perc	CNPF	Controle biológico.
Comportamento ingestivo diurno, conforto térmico e desempenho ponderal de bovinos de corte sob sistemas integrados de produção no Cerrado brasileiro.	Ambibeef	CNPGC	Produção de fibras.

Continua...

Título do projeto	Sigla	Unidade líder	Serviços ecossistêmicos abordados no projeto
Conforto térmico, produtividade de leite e desempenho reprodutivo de vacas de raças zebuínas em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no Cerrado.	ILPFLEITE	CPAC	Regulação climática, produção de fibras.
Consequências da seca sobre a alocação de carbono em plantações de eucaliptos: um experimento de marcação com ¹³ C-CO ₂ para avaliar os efeitos da adubação potássica.	C13	CNPMA	Fertilidade do solo.
Controle biológico do psilídeo das ponteiros do eucalipto, <i>Blastopsylla occidentalis</i> (Hemiptera: Aphalaridae), com uso do parasitóide <i>Psyllaephagus blastopsyllae</i> (Hymenoptera: Encyrtidae).	Blasto	CNPF	Controle biológico.
Controle genético da alocação e partição de carbono em <i>Eucalyptus</i> .	Carbeuca	CNPF	Produção de fibras.
Definições para a utilização de <i>Cleruchoideis noackae</i> no controle biológico de <i>Thaumastocoris peregrinus</i> .	CBPerc	CNPF	Controle biológico.
Desbaste de eucalipto em sistemas de Integração Lavoura Pecuária Floresta: efeito no microclima e produtividade.	PODA_ILPF	CPPSE	Regulação climática, produção de fibras.
Descoberta de micro RNAs e análise de regulação da expressão gênica em <i>Eucalyptus</i> sp..	miRNAEucalyptus	Cenargen	Produção de fibras.
Desenvolvimento de bioinseticida para o controle da lagarta do cartucho do milho e de outros lepidópteros-praga.		CNPMS, UnB	Controle biológico.
Desenvolvimento de bioinseticidas bacterianos.		Embrapa Rondônia	Controle biológico.
Desenvolvimento de condicionadores de solo e fertilizantes de liberação lenta a partir de co-produtos e resíduos da indústria de óleos e biodiesel.	C pirogênico	CNPS	Prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo.
Desenvolvimento de dieta artificial para criação massal de <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> visando ao controle biológico da cochonilha rosada, <i>Macronellucoccus hirsutus</i> .	Cryptodiet	CNPMPF	Controle biológico.

Continua...

Título do projeto	Sigla	Unidade líder	Serviços ecossistêmicos abordados no projeto
Desenvolvimento de Germoplasma florestal para múltiplos usos da madeira.	DGFM	CNPF	Produção de fibras.
Desenvolvimento de moléculas verdes da biomassa lignocelulósica para química renovável.	Greenmol	CNPAE	Produção de fibras.
Desenvolvimento de sistemas silvipastoris para os cerrados do Amapá.		Embrapa Amapá	Produção de fibras.
Desenvolvimento de tecnologias para florestas energéticas no oeste do Paraná.	Bioeste	CNPF	Produção de fibras.
Desenvolvimento e mapeamento de microssatélites tetra-nucleotídeos para caracterização de recursos genéticos e proteção varietal de Eucalyptus.	Tetraeuc	Cenargen	Produção de fibras.
Desenvolvimento e produção de germoplasma de eucalipto apropriados para múltiplos usos da madeira.	DGEuca	CNPF	Produção de fibras.
Diagnóstico e controle de insetos-praga e fitopatógenos de plantios de eucalipto no Pará e Maranhão.	PragEuc	CPATU	Controle biológico.
Dinâmica da emissão de gases de efeito estufa e dos estoques de carbono em florestas brasileiras naturais e plantadas - GEE Floresta.	GEEFlorest	CNPF	Sequestro de gees e armazenamento de carbono.
Dinâmica de C e N em solos de plantios florestais mistos, integrados de produção e áreas sob restauração florestal.	CNPS	CNPS	Sequestro de gees e armazenamento de carbono.
Dinâmica de C e N em solos de plantios florestais mistos, integrados de produção e áreas sob restauração florestal.	Carbon	CNPS	Prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, sequestro de gees e armazenamento de carbono.
Dinâmica de gases de efeito estufa e dos estoques de carbono em florestas naturais e plantadas: práticas silviculturais para mitigação e adaptação às mudanças climáticas.	Saltus	CNPF	Sequestro de gees e armazenamento de carbono, regulação climática.

Continua...

Título do projeto	Sigla	Unidade líder	Serviços ecossistêmicos abordados no projeto
Efeito do microclima nos componentes de produção animal e Bem Estar em sistemas pecuária-floresta.	Animazon	CPATU	Regulação climática.
Efeito do silício na indução de resistência no eucalipto às condições ambientais (geadas, estresse hídrico, doenças e pragas).	Silicio	CNPF	Produção de fibras.
Emissão de GEE, estoques de carbono e indicadores ambientais no bioma Cerrado.	CPAC	CPAC	Sequestro de gees e armazenamento de carbono, regulação climática.
Emissão de GEE, estoques de carbono e indicadores ambientais no bioma Mata Atlântica.	CNPF	CNPF	Sequestro de gees e armazenamento de carbono.
Emissão de GEE, estoques de carbono e indicadores ambientais no bioma Pampa.	CPACT	CPACT	Sequestro de gees e armazenamento de carbono.
Estabelecimento de metodologia para micropropagação, regeneração e transformação genética de plantas lenhosas.		CNPF, CPATSA, Aracruz Florestal	Produção de fibras.
Estabilidade do carbono do biocarbvão, processo de envelhecimento no solo e efeito fertilizante de formulações com fontes minerais.		CNPMA	Fertilidade do solo, sequestro de gees e armazenamento de carbono.
Estratégias inovadoras de melhoramento genético no desenvolvimento de cultivares de Eucalyptus adaptadas às condições edafoclimáticas e competitivas para o agronegócio nacional.	MGE	CNPF	Produção de fibras.
Evantamento, catalogação e zoneamento de pragas associadas a essências florestais plantadas no Brasil.	Sanifor	CNPF	Controle biológico.
Florestas energéticas na matriz de agroenergia brasileira	Florestas	CNPF	Produção de fibras.
Florestas Energéticas: Produção e conversão sustentável de biomassa em energia.	Femab	CNPF	Produção de fibras, controle de resíduos.

Continua...

Título do projeto	Sigla	Unidade líder	Serviços ecossistêmicos abordados no projeto
Formação de Base Silvicultural para Expansão de Plantios Florestais Necessários à Matriz de Agroenergia Brasileira.	Florestas02	CNPF	Produção de fibras.
Genômica quantitativa da formação da madeira em <i>Eucalyptus</i> .	Genoquant	Cenargen	Produção de fibras.
Gerenciamento e Simulação de Riscos de Pragas para a Cultura do Eucalipto.	Gere	CNPF	Controle biológico.
Identificação de frações de lignina Kraft e derivados com atividades antifúngicas.	Biolig	CNPF	Produção de fibras, recursos medicinais.
Identificação de padrões de marcas epigenéticas associados a variações ambientais e ao estresse hídrico em <i>Eucalyptus</i> .	Epigenética	Cenargen	Produção de fibras.
Intensificação ecológica de plantações de eucaliptos pela associação com espécies leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio.	Eucaleg	CNPAB	Produção de fibras, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, ciclagem de nutrientes.
Interações biofísicas em sistemas integrados de produção iLPF e iLP em Rondônia.	IntegraRO	Embrapa-Rondônia	Produção de fibras, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, sequestro de gases e armazenamento de carbono.
Leguminosas forrageiras na produção de bovinos em floresta de eucalipto de ciclo longo em São Paulo.	Anhembi	CPPSE	Produção de fibras, ciclagem de nutrientes.
Manejo do capim-piatã (<i>Brachiaria brizantha</i> cv. BRS Piatã) no estabelecimento de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, como estratégia de renovação de pastagens degradadas no Cerrado.	ILPF	CNPGC	Produção de fibras, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo.
Manejo e biodiversidade de Psylloidea associados ao sistema integração lavoura-pecuária-floresta e à citricultura no Brasil.	PSYBR	CNPF	Controle biológico.
Manejo e controle biológico de pragas exóticas do eucalipto.		CNPF	Controle biológico.
Manejo integrado para o controle de formigas cortadeiras em plantios de <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i> .	Formicon	CNPF	Controle biológico.

Continua...

Título do projeto	Sigla	Unidade Ídler	Serviços ecossistêmicos abordados no projeto
Melhoramento de Eucaliptos para as Condições Pedoclimáticas do Planalto Catarinense.	PMEST	CNPF	Regulação climática.
Melhoramento genético de espécies florestais de rápido crescimento para produção de madeira serrada e para usos gerais.			Produção de fibras.
Melhoramento genético de eucaliptos para desenvolvimento de cultivares destinadas a múltiplos usos da madeira e de populações com potencial para superar possíveis adversidades ocasionadas por mudanças climáticas.	PMGE	CNPF	Regulação climática, produção de fibras.
Melhoramento genético de <i>Eucalyptus benthamii</i> para regiões sujeitas a baixas temperaturas.	Melben	CNPF	Produção de fibras.
Microclima em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta e sua relação com atributos de solo no ecótono Cerrado-Amazônia.	Clima ILPF	CPAMT	Produção de fibras, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, regulação climática.
Minhocas como indicadoras de propriedades físico-químicas do solo: quando, como e porque isso acontece?	MinhoIndex	CNPF	Prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, conservação de biodiversidade.
Modernização do núcleo de tecnologia de produtos florestais para avanços em química de biomassa.	Nutecflor	CNPF	Produção de fibras.
Monitoramento e avaliação de estratégias de mitigação de emissões de GEEs em plantios comerciais de eucalipto.	CNPAB	CNPAB	Sequestro de gees e armazenamento de carbono.
Monitoramento e avaliação de estratégias de mitigação de emissões de GEEs em plantios comerciais de eucalipto.	Mitigation	CNPAB	Prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, sequestro de gees e armazenamento de carbono, ciclagem de nutrientes, controle de resíduos.
Monitoramento e controle de pragas e doenças florestais.			Controle biológico.
PC10. Bancos de Germoplasma de espécies Florestais.	CNPF	CNPF	Produção de fibras.
Pesquisa e desenvolvimento florestal para a região de Curitiba, SC.	Florestasc	CNPF	Produção de fibras.

Continua...

Título do projeto	Sigla	Unidade líder	Serviços ecossistêmicos abordados no projeto
Potencial de clones de eucalipto para produção de energia renovável no Mato Grosso do Sul.	PCEMS	CNPGC	Produção de fibras.
Potencial de sistemas silvipastoris para recria de novilhas leiteiras: características do pasto, consumo de forragem, produção de metano entérico e desempenho animal.	SSPNOV	CNPGL	Regulação climática, sequestro de gases e armazenamento de carbono.
Processos quarentenários para introdução, criação e estabelecimento de bioagentes exóticos de controle em laboratório e de monitoramento em campo no âmbito do projeto cooperativo de monitoramento e manejo de pragas exóticas em florestas de eucalipto do PROTEF/IPEF.	Quareuca	CNPMA	Controle biológico.
Programa de desenvolvimento de germoplasmas de espécies vegetais perenes para múltiplos usos.	Progem	CNPFP	Produção de fibras.
Prospecção de demandas tecnológicas, análise de políticas públicas e avaliação econômica, social e ambiental da produção florestal de eucalipto em regiões de novas fronteiras no Brasil Central.	EucaBRC	CNPFP	Produção de fibras.
Prospecção de demandas tecnológicas, análise de políticas públicas e avaliação econômica, social e ambiental da produção florestal de eucalipto em regiões de novas fronteiras no Brasil Central.		CNPFP	Produção de fibras.
Prova de conceito de um método de seleção precoce de clones de Eucalyptus assistida por marcadores moleculares.	POP_MAS	Cenargen	Produção de fibras.
Seleção de espécies e definição de parâmetros técnicos para plantios de espécies florestais nativas para produção de madeira para móveis e energia no Ceará.	Flonace	CNPAT	Produção de fibras, conservação de biodiversidade.
Seleção e manejo de espécies arbóreas de rápido crescimento na região Semi-árida.			Produção de fibras.

Continua...

Título do projeto	Sigla	Unidade líder	Serviços ecossistêmicos abordados no projeto
Seleção e manejo de espécies arbóreas de rápido crescimento na região Semi-árida.		CNPF, CNPTC, CPATSA	Produção de fibras, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo.
Seleção Genômica Ampla (SGA) em Eucalyptus: desenvolvimento de modelos de SGA ultra-precoce de E. benthamii tolerante a geada.	SGA-EUC	Cenargen	Produção de fibras.
Seletividade de herbicidas e nutrição por boro em espécies florestais e culturas anuais em consórcio com Brachiaria ruziziensis.	Plan-Dan-ILPF	CNPGL	Produção de fibras.
Sistemas agroflorestais e florestais com potencial para incrementar a oferta de bens e serviços ambientais em áreas degradadas do Estado do Rio de Janeiro.	Eucaleg	CNPS	Produção de fibras, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, ciclagem de nutrientes, conservação de biodiversidade.
Sistemas de introdução de genes e análise da expressão gênica em plantas de interesse econômico.			Produção de fibras.
Sistemas integrados de produção pecuária: influência no microclima, dinâmica de água no solo e resposta produtiva da pastagem.	Clima ILPF	CPPSE	Regulação climática, produção de água.
Sustentabilidade de sistemas de produção de leite baseados em integração lavoura-pecuária-floresta em biomas de cerrado e transição.	ILPF Leite	CPAMT	Produção de fibras, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo.
Tecnologias para utilização de Cleruchoideis noackae no controle biológico clássico de Thaumastocoris peregrinus.	TCB_Perc	CNPF	Controle biológico.
Tecnologias silviculturais para produção de florestas energéticas - TSPFenergia.		CNPF	Produção de fibras.
Transferência de Tecnologia em sistemas de iLPF nos estados CE, RN, PB, PE, AL, SE e BA.		CPATC	Produção de fibras.
Continua...			

Título do projeto	Sigla	Unidade líder	Serviços ecossistêmicos abordados no projeto
Transformação genética de <i>Eucalyptus</i> sp. com construção de tolerância à seca e ao frio.	Eucadreb	CNPQ	Produção de fibras.
Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos do solo com vista à implantação de plantios mistos de eucalipto e leguminosas arbóreas para estudos da dinâmica de sequestro de carbono e valoração ambiental.	Eucaleg	CNPQ	Produção de fibras, ciclagem de nutrientes, prevenção da erosão e manutenção da fertilidade do solo, sequestro de gases e armazenamento de carbono, conservação de biodiversidade.
Zoneamento, perdas e controle da ferrugem do eucalipto na região Sul do Brasil.	ferrugem	CNPQ	Controle biológico.